

Aus dem Institut für Experimentelle Therapie und  
Funktionelle Pathologie der Freien Universität Berlin  
Direktor: Prof. Dr.phil. Dr. med.vet. Dr. med. G. Schützler

---

# Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt der Aortenwand des Schweines

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin  
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt

von

Klaus-Jürgen Höppner

Tierarzt aus Stolp

Berlin 1972

Journal-Nr.: 769



Aus dem Institut für Experimentelle Therapie und  
Funktionelle Pathologie der Freien Universität Berlin  
Direktor: Prof. Dr.phil. Dr. med.vet. Dr. med. G. Schützler

---

# Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt der Aortenwand des Schweines

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin  
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt

von

Klaus-Jürgen Höppner

Tierarzt aus Stolp

Berlin 1972

Journal-Nr.: 769

Gedruckt mit Genehmigung  
des Fachbereiches Veterinärmedizin  
an der Freien Universität Berlin

Vorsitzender des

Fachbereichsrates: Prof. Dr. J. Boch

Referent:

Prof. Dr. Dr. Dr. G. Schützler

Korreferent:

Prof. Dr. K. Dämmrich



Tag der Promotion: 14. II. 1972

## INHALT

|                                                                      | Seite |
|----------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung                                                           |       |
| Literaturübersicht                                                   |       |
| 1. Elektrolyt- und Wassergehalt der Aortenwand                       | 3     |
| 2. Gewebeaufschluß und Elektrolytbestimmung                          | 6     |
| 3. Fehlerquellen in der Flammenphotometrie                           | 7     |
| Eigene Untersuchungen                                                |       |
| 1. Untersuchungsmaterial                                             | 9     |
| 2. Methodik                                                          |       |
| a. Probengewinnung und -aufbereitung                                 | 9     |
| b. Flammenphotometer                                                 |       |
| b <sub>1</sub> . Arbeitsweise und Handhabung des Gerätes             | 11    |
| b <sub>2</sub> . Ausschalten von Fehlerquellen                       | 12    |
| c. Eichkurven                                                        |       |
| c <sub>1</sub> . Herstellen der Eichlösungen und -kurven             | 13    |
| c <sub>2</sub> . Prüfen der Eichkurven                               | 15    |
| d. Untersuchungsgang                                                 | 16    |
| e. Methodischer Fehler                                               | 16    |
| 3. Ergebnisse                                                        |       |
| a. Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt der Aortenabschnitte | 17    |
| b. Statistische Auswertung                                           | 18    |
| Diskussion                                                           | 22    |
| Zusammenfassung                                                      | 27    |
| Summary                                                              | 29    |
| Literaturverzeichnis                                                 | 31    |
| Tabellen und Abbildungen                                             | 39    |

Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## LITERATURÜBERSICHT

### 1. Elektrolyt- und Wassergehalt der Aortenwand

Schon im vorigen Jahrhundert war bekannt, daß die Arterien des Menschen altersabhängige Umwandlungen erfahren. 1879 veröffentlichte BENEKE ( 3, 4, 5 ) mehrere Arbeiten über Umfangsmessungen an großen Arterien. Er fand, daß ihre Weite bis ans Lebensende ständig zunimmt. 20 Jahre später führte GAZERT ( 18 ) die ersten quantitativen Untersuchungen über den Kalk- und Fettgehalt an arteriosklerotisch veränderten Aorten des Menschen durch. Er beschrieb ein Ansteigen des  $\text{CaO}$ -Gehaltes von bezogen auf die Aortentrockenmasse 0,25 % bei einem 28-jährigen auf 8,79 % bei einem 70-jährigen.

Die im Alter zunehmende Kalksalzeinlagerung in die Aortenwand ist von späteren Untersuchern immer wieder bestätigt worden. So berichtet BÜRGER ( 10 ) über einen Calciumanstieg von bezogen auf die Trockensubstanz 40 mg% in den jüngsten auf 1000 mg% in den höchsten Altersklassen, obwohl er nur Aorten ohne sichtbare Arteriosklerose oder Atheromatose untersuchte. Ähnliche Ergebnisse finden auch BUCK ( 6 ), HEVELKE ( 31, 32, 33 ), LANSING et al. ( 48 ), MEYER et al. ( 53 ), ANDERSON et al. ( 2 ) und WAHL ( 75 ). Für MEYER ( 54, 55 ) beruht der Gewichtszuwachs der Arterien bis zum 50. - 60. Lebensjahr unter anderem auch auf Kalkablagerungen. Wie GIERTSEN ( 22 ) findet er schon bei Neugeborenen nachweisbare Kalkmengen in den Arterienwänden. Während aber jener berichtet, daß der Kalkgehalt der Aortenwand vom ersten bis zum vierzehnten Lebensjahr konstant bleibt, beschreiben MEYER et al. ( 53 ) ein Absinken der Calciumkonzentration in den ersten Lebensjahren und erst danach ein ständiges Ansteigen.

Der Natrium- und Kaliumgehalt der Aortenwand des Menschen ist von HEVELKE ( 32, 33 ) und WAHL ( 75 ) bestimmt worden. Sie finden, daß die Natriumkonzentration in allen Altersklassen konstant bleibt. Nur bei hochgradiger Arte-

riosklerose steigt nach HEVELKE ( 33 ) der Natriumgehalt von 373 mg% der Trockensubstanz auf 453 mg% an. Beide Autoren beschreiben eine stetige Kaliumabnahme im sklerotischen Prozess, nach HEVELKE ( 33 ) von bezogen auf die Trockensubstanz 139 mg% auf minimal 80 mg% bei schwersten Arteriosklerosegraden. Der Wassergehalt vergrößert sich nach HEVELKE ( 33 ) im Alter, vermindert sich jedoch wieder mit zunehmender Schwere arteriosklerotischer Gefäßveränderungen.

Im Rahmen der vergleichenden Arterioskleroseforschung sind die Arterien zahlreicher Tierarten untersucht worden. Einen Überblick über die umfangreiche Literatur auf diesem Gebiet vermitteln die Arbeiten von ADAMS ( 1 ) und GRÜNBERG ( 26 ). An dieser Stelle wird nur auf Abhandlungen zurückgegriffen, die die unmittelbare Fragestellung tangieren.

Der Gehalt an Calcium in der Aortenwand des Rindes wächst nach KRAUSE ( 46 ), GERRITZEN ( 19 ), BÜRGER ( 10 ), DAHME ( 11 ) und KÖPPEL et al. ( 44 ) mit steigendem Alter an, KEUENHOF und KOHL ( 41 ) sowie BÜRGER ( 10 ) machen gleiche Aussagen für die Aorta des Pferdes, und HORN ( 38 ) beschreibt einen altersabhängigen Calciumanstieg in der Aortenwand des Hundes. Nach KÖPPEL et al. ( 44 ) und HORN ( 38 ) bestehen beim Rind wie auch beim Hund unterschiedliche Calciumkonzentrationen im Vorder-, Mittel- und Endstück der Aorta.

Auch die Natrium- und Kaliumkonzentration ist nicht in allen Aortenabschnitten gleich. LASZT ( 50 ) und KÖPPEL et al. ( 44 ) fanden einen von cranial nach caudal absinkenden Natrium-, aber ansteigenden Kaliumgehalt in der Aorta von Rindern. JONES et al. ( 39, 40 ), PETERSON ( 61 ) und HORN ( 38 ) berichten, daß die Natriumkonzentration der Aortenwand des Hundes von cranial nach caudal ansteigt, der Kaliumgehalt sich jedoch umgekehrt verhält. Gleichzeitig beobachteten KÖPPEL et al. ( 44 ) für das Rind und

HORN ( 38 ) für den Hund einen altersabhängigen Natriumanstieg in allen Aortenabschnitten, für Kalium wurde beim Hund eine altersbedingte Verminderung in der gesamten Aorta festgestellt, während sich beim Rind eine Kaliumabnahme nur im mittleren Segment statistisch sichern ließ.

Weitere Natrium- und Kaliumanalysen der Aortenwand wurden in der Hochdruckforschung durchgeführt, so von TOBIAN und BINION ( 71 ), TOBIAN und REDLEAF ( 72 ), TOBIAN ( 73 ), TOBIAN et al. ( 74 ), DANIEL und DAWKINS ( 13 ), GROSS und SCHMIDT ( 25 ), LASZT ( 49 ), POSTINOV ( 63 ) und DE LA RIVA et al. ( 66 ) an Ratten, HALPERN ( 28 ) an Kaninchen und JONES et al. ( 40 ) an Hunden. Übereinstimmend wurden beim spontanen wie auch beim experimentellen Hochdruck in der Aorta höhere Natriumkonzentrationen gefunden, für Kalium wird ein Absinken, Gleichbleiben oder Ansteigen beschrieben, je nach Ursache der Blutdrucksteigerung.

BÜRGER ( 10 ) bestimmte den Wassergehalt in der Aorta von jungen und alten Rindern. Er fand keinen Unterschied zwischen dem 1. und 15. Lebensjahr, jedoch untersuchte er nicht mehrere Segmente desselben Gefäßes. Nach KÖPPEL et al. ( 44 ) steigt der Wassergehalt in der Aortenendaufzweigung des Rindes im Alter an, während er gleichzeitig im Mittelteil absinkt. Bei Hunden wurden von denselben Autoren nur zufällige Unterschiede zwischen den Altersgruppen ermittelt.

Seit GOTTLIEB und LALICH ( 23 ) 1954 die Ergebnisse der ersten systematischen Untersuchung über das Auftreten von Arteriosklerose in Schweinearten veröffentlichten, sind zahlreiche Untersuchungen am Gefäßsystem von Haus- und Wildschweinen vorgenommen worden, so z. B. von DAHME ( 12 ), FRENCH et al. ( 15 ), LUGINBÜHL und JONES ( 52 ), PÜSCHNER ( 64 ), ROWSELL et al. ( 67 ), HOFMANN ( 35 ), SKOLD et al. ( 69 ), RICCA und MANOCCHIO ( 65 ), GRANT ( 24 ) und KRIEG ( 47 ). Übereinstimmend wurde festgestellt, daß beim Schwein Gefäßveränderungen auftreten können, die einen echten arteriosklerotischen Charakter tragen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden teilweise auch

Kalkablagerungen nachgewiesen, jedoch fehlen bisher Angaben über den Elektrolyt- und Wassergehalt in Blutgefäßwänden des Schweines.

## 2. Gewebeaufschluß und Elektrolytbestimmung

Zur quantitativen Mineralstoffbestimmung in Körpergeweben müssen die zu untersuchenden Proben so aufbereitet werden, daß die Elektrolyte in Lösung gehen. Dazu werden die Gewebestücke entweder ausgelaugt oder verascht.

Es sind verschiedene Extraktionsverfahren beschrieben worden, meist unterscheiden sie sich nur durch das verwendete Extraktionsmittel. Vor allem wurde Salpetersäure in unterschiedlichen Konzentrationen verwendet, so z. B. von TOBIAN et al. ( 74 ), TOBIAN und REDLEAF ( 72 ), TOBIAN und BINION ( 71 ), KOLETSKY et al. ( 45 ), FLEAR und FLORENCE ( 14 ), BURCK ( 9 ) und JONES et al. ( 40 ), jedoch sind auch Salzsäure z. B. von MÜLLER ( 56 ), Trichloressigsäure z. B. von KLAUS ( 42 ) und GEYER und BOWNIE ( 21 ), Lithium-Hydroxid z. B. von LASZT ( 49 ) und DE LA RIVA et al. ( 66 ), Aqua dest. z. B. von MOUNIB und EVANS ( 57 ) und anderes mehr zur Extraktion herangezogen worden.

Bei der Gewebeveraschung wird die organische Substanz verbrannt, während die anorganischen Bestandteile zurückbleiben. Die Oxidation kann entweder trocken bei hohen Temperaturen ( 500 - 600°C ) oder feucht unter Zusatz von Säuren oder anderen geeigneten Oxidationsmitteln vorgenommen werden. Einen Überblick über die Veraschungsmethoden findet man bei HINSBERG, LANG ( 34 ) und HOPPE-SEYLER, THIERFELDER ( 37 ). An dieser Stelle soll nur auf eine Arbeit von KLAUS ( 42 ) hingewiesen werden, in der die trockene Veraschung, die Veraschung mit  $\text{HNO}_3$  und  $\text{HClO}_4$  und die Extraktion mit 10%iger Trichloressigsäure miteinander verglichen werden. Für alle drei Methoden werden etwa gleiche Ergebnisse gefunden.

Die in Lösung gebrachten Mineralstoffe können physika-

lisch, chemisch oder physikalisch-chemisch bestimmt werden, zusammenfassende Darstellungen hierzu geben HOPPE-SEYLER, THIERFELDER ( 37 ) und HINSBERG, LANG ( 34 ).

Eine Methode, die es gestattet, Natrium, Kalium und Calcium in derselben Lösung zu bestimmen, ist die Flammenphotometrie. Sie ist nach HINSBERG, LANG ( 34 ) und HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ) nach einmal ausgearbeiteter Methodik einfach und schnell durchzuführen und liefert zuverlässige Ergebnisse. Die Flammenphotometrie wurde bei gleicher Problemstellung unter anderem von HEVELKE ( 32 ), HORN ( 38 ) und KÖPPEL et al. ( 44 ) verwendet.

### 3. Fehlerquellen in der Flammenphotometrie

Die Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der Flammenphotometrie sind von HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ) eingehend erörtert worden, auch geben sie eine umfassende Übersicht über die bei dieser Bestimmungsmethode auftretenden Störungen sowie die Möglichkeiten ihrer Beseitigung. Sie weisen darauf hin, daß schon gering erscheinende Änderungen der Versuchsbedingungen andere Ergebnisse bewirken können und daß es u. a. deshalb nicht möglich ist, z. B. Eichkurven aus der Literatur zu übernehmen.

Folgende Störfaktoren, die die Analysenergebnisse unabhängig von der Zusammensetzung der Untersuchungslösung beeinflussen können, müssen berücksichtigt werden: wechselnde Flammentemperaturen nach z. B. v. OER, HÖFERT ( 60 ) und SIEBERT, RAPOPORT ( 68 ), Fehldurchlässigkeit der Filter nach z. B. v. OER, HÖFERT ( 60 ) und HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ), unterschiedliche Ansauggeschwindigkeit und Zerstäubung der Analysenlösung wie auch Schwankungen im Gasdruck nach z. B. HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ), der Flammenuntergrund nach z. B. PIETZKA, CHUN ( 62 ), die Ermüdung der Photozelle nach SPRENGER ( 70 ) und HORN ( 38 ) und Temperaturschwankungen der Analysenlösungen sowie Unterschiede ihrer Viskosität und Oberflächenspannung nach z. B. SIEBERT, RAPOPORT ( 68 ).

Neben den genannten sind noch von der Zusammensetzung der Analysenlösung abhängige Störfaktoren beschrieben worden. So können nach HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ) Schwankungen im Eiweißgehalt der Untersuchungslösungen oder unterschiedliche Lösungsmittel die Meßergebnisse verfälschen. Nach Angaben derselben Autoren sind die gegenseitigen Beeinflussungen der Lösungspartner in der Flamme von ihren Konzentrationen, von der Flammentemperatur und teilweise auch vom Aufbau des Flammenphotometers abhängig. Zur Prüfung, ob alle Fehlerquellen beim Aufstellen einer Methode berücksichtigt wurden, schlagen die Autoren unter anderem das Zumisch- und Verdünnungsverfahren vor.

## EIGENE UNTERSUCHUNGEN

### 1. Untersuchungsmaterial

Die Aortenwände 60 klinisch gesunder Schlachtschweine wurden auf ihren Gehalt an Natrium, Kalium, Calcium und Wasser untersucht. Da hierbei auch geprüft werden sollte, ob der Mineralstoff- und Wassergehalt altersabhängige Konzentrationsänderungen erfährt, wurden zur Probengewinnung nur solche Tiere ausgewählt, die sich in eine der gebildeten Gruppen einordnen ließen:

- |            |                                                                     |
|------------|---------------------------------------------------------------------|
| Gruppe I   | Tiere beiderlei Geschlechts im Alter von 6 - 12 Wochen ( 10 Tiere ) |
| Gruppe II  | weibliche Tiere im Alter von etwa 200 Tagen ( 20 Tiere )            |
| Gruppe III | Sauen im Alter von mindestens zwei Jahren ( 20 Tiere )              |
| Gruppe IV  | Eber im Alter von mindestens zwei Jahren ( 10 unkastrierte Tiere )  |

Es sollte weiterhin geklärt werden, ob in der Aorta Unterschiede im Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt bestehen. Deshalb wurde jedes Gefäß an folgenden drei Stellen untersucht:

#### Aortenbogen

Die Proben wurden etwa 2 cm caudal der A. subclavia sinistra entnommen.

#### Aortenmitte

Die Probenentnahme erfolgte etwa 2 cm cranial des Truncus coeliacus.

#### Aortenende

Die Proben wurden direkt am Abgang der Aa. iliacae externae entnommen.

Da alle Bestimmungen doppelt durchgeführt wurden, kamen von jeder Aorta sechs Gewebestücke zur Untersuchung.

### 2. Methodik

#### a. Probengewinnung und -aufbereitung

Die Probenentnahme erfolgte bei der Schlachtung der Tiere, unmittelbar nach der Evisceration. Jedem Schlachtkör-

per wurden an den beschriebenen Stellen drei etwa 3 cm lange Aortenteilstücke entnommen und sofort verarbeitet.

Zunächst mußte das paraaortale Binde- und Fettgewebe sorgfältig abpräpariert werden. Danach wurden die Gefäßstücke der Länge nach aufgeschnitten und mit Fließpapier von anhaftenden Blutresten befreit. Diese Arbeiten wurden mit sauberen Instrumenten auf einer Unterlage aus Chromnickelstahl durchgeführt.

Von jedem so vorbereiteten Aortenteilstück wurden zwei etwa 0,2 g wiegende Gewebeproben entnommen und, jede für sich, in vorher gewogene Reagenzröhrchen ( 12 mm Durchmesser, 100 mm Länge; aus Duran 50 ) gegeben, die sofort mit Parafilm M<sup>R</sup> luftdicht verschlossen wurden. Vorversuche hatten gezeigt, daß in derartig geschlossenen Röhrchen Gewebeproben ohne Gewichtsverlust länger als drei Tage bei Zimmertemperatur aufbewahrt werden können, Voraussetzung für exakte Wasserbestimmung in der Gruppe IV. Die Proben dieser Tiere konnten erst zwei bzw. drei Tage nach der Entnahme verarbeitet werden.

Unmittelbar nach Entfernen des Verschlusses wurde jede Probe in ihrem Röhrchen gewogen. Das Frischgewicht errechnete sich durch Differenzbildung ( Röhrchen mit Gewebestück minus Gewicht des Röhrchens ). Die Trocknung erfolgte bei 105°C während 36 Stunden in einem Trockenschrank, anschließend kühlten die Proben eine Stunde in einem Exsiccator ab. Danach wurden die Gewebestücke in ihren Röhrchen erneut gewogen und das Trockengewicht ( Röhrchen mit getrockneter Probe minus Gewicht des Röhrchens ) wie auch der Wassergehalt ( Frischgewicht minus Trockengewicht ) bestimmt. Es folgte die feuchte Veraschung.

Die Proben wurden in ihren Reagenzröhrchen mit 0,5 ml HClO<sub>4</sub> p. a. konz. und 0,5 ml HNO<sub>3</sub> p. a. konz. versetzt und im elektrisch geheizten Aluminiumblock unter einem Abzug vorsichtig auf 110°C erhitzt. Nach 15 Minuten fand keine Schaumentwicklung mehr statt, das Gewebe hatte sich aufgelöst. Der Block wurde für 15 Minuten auf 155°C, dann für weitere 15 Minuten auf 185°C aufgeheizt. Dabei ver-

dampfte die Salpetersäure. Sodann wurde während 60 Minuten die Perchlorsäure bei 205 - 210°C abgeraucht. Um die sich am Glasrand niederschlagende Säure zu vertreiben - - die Röhrchen überragten den Block um 1 cm -, wurde für 15 Minuten auf 310°C erhitzt. Nach Abrauchen der Säuren verblieb in den Röhrchen ein trockener, weißer Rückstand. Dieser Rest wurde nach Abkühlen der Proben unter vorsichtigem Erwärmen in 1,0 ml 0,1 n HCl gelöst und mit Aqua bidest. quantitativ in 20,0-ml-Meßkolben überspült und aufgefüllt. In den Lösungen wurde noch am Tage ihrer Herstellung der Gehalt an Natrium, Kalium und Calcium flammenphotometrisch bestimmt.

Die im wesentlichen von ZEPF ( 78 ) und KLAUS ( 42 ) übernommene Methode der feuchten Veraschung gestattet es, flammenphotometrisch mit niedrigen Säurekonzentrationen zu arbeiten. Dadurch kann ein Einfluß der Säure auf die Emission der zu messenden Metalle gering gehalten oder ganz unterdrückt werden.

## b. Das Flammenphotometer

### b<sub>1</sub>. Arbeitsweise und Handhabung des Gerätes

Der Mineralstoffgehalt der Aorten wurde mit dem Flammenphotometer " Eppendorf " der Firma Netheler & Hinz, Hamburg, bestimmt. Für das Ausschalten von bei der Flammenphotometrie möglichen Störquellen ist es notwendig, die Arbeitsweise des Gerätes zu kennen, deshalb wird sie kurz erläutert.

Die Untersuchungslösung wird im Zerstäuber fein zerteilt, mitgerissen und nach Zumischen von Gas verbrannt. Durch die thermische Energie der Flamme werden die Metallatome zur Emission angeregt. Das von der Flamme ausgehende und von Interferenzfiltern nicht absorbierte Licht fällt auf eine Photozelle, in der ein dazu proportionaler Strom erzeugt wird, der nach Verstärkung einen Galvanometerausschlag verursacht. Dieser Ausschlag wird auf einer Skala angezeigt.

Die Menge der durch den Zerstäuber strömenden Preßluft

muß konstant bleiben, um zu gewährleisten, daß pro Zeiteinheit gleiche Volumina der Untersuchungslösung zerstäubt und verflammt werden. Aus diesem Grund wurden alle Untersuchungen bei einem konstanten Preßluftdruck von  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  und gleichem Leitungsquerschnitt durchgeführt.

Als Brenngas für die Natrium- und Kaliumanalysen wurde Propan mit einem Druck von 200 mm WS verwendet, die Calciumbestimmungen erfolgten mit Acetylen unter einem Druck von 540 mm WS, der Leitungsquerschnitt blieb bei allen Messungen gleich. Die Flammentemperaturen konnten so annähernd konstant gehalten werden.

Calcium wurde mit Acetylen bestimmt, weil die Erdalkalimetalle in der kälteren Propanflamme nur ungenügend angeregt werden, Natrium und Kalium wurden mit Propan bestimmt, weil in der heißeren Acetylenflamme ein großer Teil der Alkalimetalle ionisiert wird, dadurch sinkt die Atomemission.

Die Handhabung des Gerätes erfolgte im übrigen gemäß der Betriebsanleitung des Herstellers ( 58 ).

## b<sub>2</sub>. Ausschalten von Fehlerquellen

Mögliche Störungen bei der Flammenphotometrie, wie sie in der Literatur beschrieben sind, wurden folgendermaßen erkannt und beseitigt: Das optische Auflösungsvermögen der Apparatur wurde wie von HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ) vorgeschlagen geprüft. Dabei stellte sich heraus, daß die Fehldurchlässigkeit der Filter vernachlässigt werden konnte, der Flammenuntergrund wurde apparativ durch Justieren des Nullpunktes eliminiert. Die Inbetriebnahme des Gerätes erfolgte 30 Minuten vor Meßbeginn. Während dieser Einbrennzeit wurde zur Ermüdung der Photozelle Natrium-Eichlösung verflammt. Die Analysenlösungen wurden erst untersucht, wenn eine Nachregulierung des Eichpunktes länger als 3 Minuten unterbleiben konnte. Die Flammentemperatur wurde konstant gehalten, ebenso die Temperatur aller Analysen- und Eichlösungen. Sie waren schwach sauer und frei von organischen Bestandteilen,

ihre Salzkonzentrationen variierten innerhalb enger Grenzen. Dichte, Oberflächenspannung und Viscosität aller Lösungen waren annähernd gleich.

Die gegenseitigen Beeinflussungen der Lösungspartner wurden innerhalb des zu erwartenden Konzentrationsbereiches geprüft, um sie beim Aufstellen der Eichkurven nachahmen zu können.

Die Natriumemission wird durch den Gehalt der Lösung an Calcium und Phosphor nicht beeinflusst, Kalium bewirkt jedoch eine deutliche, konzentrationsabhängige Steigerung ( Tabelle VII ). Sie wurde beim Aufstellen der Eichkurven berücksichtigt.

Die Kaliumemission ist unabhängig vom Calcium- und Phosphorgehalt der Untersuchungslösung ( Tabelle VIII ). Natrium übt einen steigernden Effekt auf die Emission von Kalium aus. Diese Änderung wurde beim Aufstellen der Eichkurven berücksichtigt.

Die Calciumemission wird sowohl vom Natrium- als auch vom Kaliumgehalt der Analysenlösung beeinflusst. Vorversuche zeigten, daß Natrium die Anregung von Calcium stärker steigert als Kalium. Der Einfluß beider Alkalimetalle ist größer als der jedes einzelnen, eine Addition der Einflüsse erfolgt jedoch nicht. Beim Aufstellen der Eichkurven wurde der Gesamteinfluß beider Metalle berücksichtigt ( Tabelle IX ). Der Phosphorgehalt der Analysenlösung ruft im untersuchten Konzentrationsbereich keine Änderung der Calciumemission hervor.

### c. Eichkurven

#### c<sub>1</sub>. Herstellen der Eichlösungen und -kurven

Zur Aufstellung der Eichkurven wurde von der Annahme ausgegangen, daß der in der Literatur angegebene Elektrolytgehalt der Aortenwand des Menschen und einiger Tiere ähnlich dem des Schweines ist. Die Eichkurven mußten diesen angenommenen Konzentrationsbereich überstreichen, alle erwarteten Natrium-, Kalium- und Calciumkonzentrationen sollten innerhalb dieses Bereiches liegen.

Zur Herstellung der Eichlösungen wurden 0,1 n NaOH ( aus Titrisol ), 0,1 n KOH ( aus Titrisol ) und Titrisol: Calcium-Standardlösung d H 1 g CaO/l verwendet.

Aus diesen Lösungen wurden mit Aqua bidest. die Stammlösungen hergestellt. Sie enthielten:

|                     |                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Natrium-Stammlösung | 4 mval Na/l ( 40 ml 0,1 n NaOH +<br>5 ml 1,0 n HCl <sup>1)</sup> ad 1000 ml )      |
| Kalium-Stammlösung  | 1,5 mval K/l ( 15 ml 0,1 n KOH +<br>5 ml 1,0 n HCl <sup>1)</sup> ad 1000 ml )      |
| Calcium-Stammlösung | 0,3566 mval Ca/l ( 10 ml Standardl.<br>+ 5 ml 1,0 n HCl <sup>1)</sup> ad 1000 ml ) |

Aus den Stammlösungen wurden die Verdünnungsreihen zur Aufstellung der Eichkurven und die Eichlösungen für die obere Begrenzung der Meßbereiche hergestellt, letztere durch Verdünnen im Verhältnis 1 : 1 mit 0,02 n HCl.

Die oberen Eichpunkte wurden für Natrium und Kalium auf 150 Skalenteile ( Skt. ), für Calcium auf 100 Skt. festgesetzt. Der Nullpunkt wurde mit Nulllösung, 0,02 n HCl, eingestellt.

Alle Stamm- und Eichlösungen wie auch die Nulllösung wurden in Polyäthylenflaschen aufbewahrt.

Zur Bestimmung der Natrium-Eichkurve dienten drei aus der Natrium-Stammlösung hergestellte Verdünnungsreihen von 0,2; 0,4; 0,6;..... 2,0 mval Na/l in 0,02 n HCl. Die Emission einer jeden Verdünnungsstufe wurde innerhalb der Reihen zweimal gemessen, so daß sich sechs Meßwerte je Stufe ergaben. Die für jede Konzentration berechneten Mittelwerte sind in ein Koordinatensystem eingetragen und miteinander verbunden worden ( Abb. 1 ).

Wie oben beschrieben, ergab sich bei der Prüfung der gegenseitigen Beeinflussung, daß Kalium die Natriumemission in der Flamme erhöht. Um diesen Einfluß ausschalten zu können, wurden drei weitere Natrium-Eichkurven hergestellt, die zusätzlich noch 0,25; 0,5 und 0,75 mval K/l enthielten ( Abb. 1 ).

<sup>1)</sup> Die Aortenaufschlüsse enthielten dieselbe Salzsäurekonzentration ( s. o. ).

Die Verdünnungsreihen zur Aufstellung der Kalium-Eichkurve enthielten 0,075; 0,150; 0,225;..... und 0,75 mval K/l in 0,02 n HCl. Es wurde wie bei der Bestimmung der Natrium-Eichkurve vorgegangen. Zur Ausschaltung des Natrium-Einflusses auf die Kaliumemission sind Kalium-Eichkurven mit 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 und 2,0 mval Na/l hergestellt worden ( Abb. 2 ).

Zur Aufstellung der Calcium-Eichkurven wurden die Emissionen von 0,01783; 0,03566; 0,05349;..... und 0,1783 mval Ca/l in 0,02 n HCl gemessen. Um den Einfluß von Natrium und Kalium auf die Calciumemission berücksichtigen zu können, sind weitere Calcium-Eichkurven mit folgenden Zusätzen hergestellt worden:

Reihe 1 ( Abb. 3 ) 0,25 mval K/l + 0,2 mval Na/l; 0,25 mval K/l + 0,4 mval Na/l; 0,25 mval K/l + 0,6 mval Na/l;.... 0,25 mval K/l + 1,8 mval Na/l.

Reihe 2 ( Abb. 4 ) 0,5 mval K/l + 0,6 mval Na/l; 0,5 mval K/l + 0,8 mval Na/l;.....0,5 mval K/l + 1,8 mval Na/l.

## c<sub>2</sub>. Prüfen der Eichkurven

Die Prüfung der Eichkurven auf Linearität ist nach WEBER ( 76 ) vorgenommen worden. Die Hypothese, daß Linearität besteht, mußte für alle Eichkurven abgelehnt werden. Weiter wurde gefunden, daß der Natrium-Einfluß auf die Kaliumemission nicht additiv ist, sondern daß eine Wechselwirkung vorliegt.

Die Richtigkeit der aufgestellten Eichkurven in ihrem gesamten Bereich ist durch das Halbierungs- und Zumischverfahren geprüft worden. Dabei wurde gleichzeitig ausgeschlossen, daß unberücksichtigt gebliebene Störfaktoren die Analysenergebnisse verfälscht haben.

Als Ausgangslösung für beide Prüfverfahren diente ein Gemisch aus Aortenaufschlüssen. In dieser Mischlösung wurden zunächst die Natrium-, Kalium- und Calciumkonzentration ermittelt. Nach Verdünnen der Ausgangslösung im Verhältnis 1 : 1 und 1 : 3 mit 0,02 n HCl mußte bei Gültigkeit der Eichkurven 1/2 bzw. 1/4 der jeweiligen Metallkonzentration gefunden werden. Das wurde nachgeprüft.

Teilen der Ausgangslösung wurde Natrium- ( 2,0 mval Na/l 0,02 n HCl ), Kalium- ( 0,75 mval K/l 0,02 n HCl ) oder Calcium-Eichlösung ( 0,1783 mval Ca/l 0,02 n HCl ) im Verhältnis 1 : 1 und 1 : 2 zugemischt. Der Gehalt des jeweils zugesetzten Metalles errechnete sich aus der Hälfte bzw. einem Drittel der Konzentration der Ausgangslösung plus der Hälfte bzw. zwei Dritteln der Konzentration der Eichlösung. Es wurde geprüft, ob der errechnete Metallgehalt von dem flammenphotometrisch ermittelten abwich ( Tabelle X ).

#### d. Untersuchungsgang

In allen Aufschlußlösungen, jeweils 30 bildeten eine Meßreihe, sind erst die Natrium-, dann auf gleiche Art die Kalium- und abschließend die Calciumemission zweimal bestimmt worden, dabei wurde die Eichung des Flammenphotometers nach jeder dritten Messung überprüft. Aus den Doppelbestimmungen wurden die Mittelwerte errechnet.

Mit Hilfe der aufgestellten Eichkurven sind der Natrium- und Kaliumgehalt im Iterationsverfahren ermittelt, die Calciumkonzentration ist in der Kurve abgelesen worden, die mit etwa dem in der Analysenlösung gefundenen Natrium- und Kaliumgehalt bestimmt war. Dabei wurde zwischen den Natrium-Parametern interpoliert. Nach Umrechnen der Elektrolytkonzentrationen in mval/kg Trockensubstanz sind die Mittelwerte - von den drei Entnahmestellen der Aorten wurden jeweils zwei Gewebeproben untersucht- aus den Doppelbestimmungen gebildet worden.

#### e. Methodischer Fehler

20 Lösungsansätze mit 1,0 mval Na/l, 0,375 mval K/l und 0,0892 mval Ca/l in 0,02n HCl wurden nach Abdampfen des Wassers verascht und die Rückstände wie oben verarbeitet. Aus den flammenphotometrisch durchgeführten Natrium-, Kalium- und Calciumdoppelbestimmungen ist der methodische Fehler errechnet worden.

Für die Natriumbestimmungen betrug der Variabilitäts-

koeffizient 0,65 %, für die Kaliumbestimmungen 0,52 % und für die Calciumbestimmungen 1,01 %. In den veraschten Lösungen wurden dabei geringere Elektrolytkonzentrationen gefunden als in den unveraschten Kontrolllösungen. Der mittlere Natriumgehalt lag 1,2 % niedriger, für Kalium ergaben sich 1,7 % und für Calcium 1,1 % geringere Konzentrationen.

### 3. Ergebnisse

#### a. Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt der Aortenabschnitte

In den Tabellen I a bis IV a sind die mittleren Elektrolyt- und Wassergehalte der Aortenabschnitte einer jeden Gruppe angegeben, die Tabellen I b bis IV b ( im Anhang ) geben Aufschluß über die Konzentrationen in jeder einzelnen Arta.

Tabelle I a

Mittlerer Natriumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Trockensubstanz ( Tr. )

| Gruppe | n  | Bogen     |       | Mitte     |       | Ende      |       |
|--------|----|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|        |    | $\bar{x}$ | s     | $\bar{x}$ | s     | $\bar{x}$ | s     |
| I      | 10 | 225,34    | 49,11 | 201,46    | 52,03 | 224,27    | 61,40 |
| II     | 20 | 216,42    | 18,36 | 222,88    | 12,46 | 262,25    | 11,56 |
| III    | 20 | 263,99    | 27,71 | 266,64    | 24,46 | 325,48    | 23,29 |
| IV     | 10 | 252,47    | 21,55 | 265,60    | 24,65 | 316,43    | 14,93 |

$\bar{x}$  = Mittelwert      s = Standardabweichung

n = Zahl der untersuchten Tiere

Tabelle II a

Mittlerer Kaliumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Tr.

| Gruppe | n  | Bogen     |       | Mitte     |       | Ende      |       |
|--------|----|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|        |    | $\bar{x}$ | s     | $\bar{x}$ | s     | $\bar{x}$ | s     |
| I      | 10 | 136,51    | 22,34 | 132,93    | 22,38 | 185,45    | 26,26 |
| II     | 20 | 118,43    | 10,72 | 128,30    | 13,47 | 201,71    | 14,66 |
| III    | 20 | 136,99    | 12,45 | 147,40    | 20,34 | 218,77    | 19,03 |
| IV     | 10 | 137,36    | 14,66 | 152,67    | 22,81 | 225,58    | 21,77 |

Tabelle III a

Mittlerer Calciumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Tr.

| Gruppe | n  | Bogen     |      | Mitte     |       | Ende      |       |
|--------|----|-----------|------|-----------|-------|-----------|-------|
|        |    | $\bar{x}$ | s    | $\bar{x}$ | s     | $\bar{x}$ | s     |
| I      | 10 | 22,80     | 7,38 | 27,30     | 8,28  | 28,97     | 9,88  |
| II     | 20 | 17,33     | 0,77 | 18,59     | 1,46  | 21,12     | 2,06  |
| III    | 20 | 34,75     | 9,58 | 40,84     | 12,35 | 41,85     | 30,22 |
| IV     | 10 | 26,36     | 4,80 | 27,54     | 2,86  | 30,04     | 7,79  |

Tabelle IV a

Mittlerer Wassergehalt der Aortenabschnitte in %

| Gruppe | n  | Bogen     |      | Mitte     |      | Ende      |      |
|--------|----|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|        |    | $\bar{x}$ | s    | $\bar{x}$ | s    | $\bar{x}$ | s    |
| I      | 10 | 73,82     | 1,61 | 73,32     | 1,25 | 75,53     | 1,45 |
| II     | 20 | 68,39     | 1,29 | 68,23     | 1,20 | 73,21     | 0,84 |
| III    | 20 | 70,95     | 1,28 | 70,57     | 1,66 | 75,90     | 1,03 |
| IV     | 10 | 70,08     | 1,44 | 70,77     | 1,59 | 75,24     | 0,84 |

 $\bar{x}$  = Mittelwert      s = Standardabweichung

n = Zahl der untersuchten Tiere

## b. Statistische Auswertung

Zur Prüfung, ob die in den Tabellen I a bis IV a aufgezeigten Unterschiede im Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt der drei Aortenabschnitte statistisch gesichert werden können, wurde der Paarweise Vergleich nach Wilcoxon angewendet. Dieses Prüfverfahren ist für die hier angesprochene Problematik besonders geeignet, da keine Normalverteilung der Meßgrößen vorausgesetzt werden muß.

Bei der Durchführung des Vergleiches wurde von der Prüfhypothese ausgegangen, daß sich die in den Aortenabschnitten ermittelten Konzentrationen nur zufällig unterscheiden. War unter dieser Annahme die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der errechneten Rangsumme kleiner als das vorgewählte Sicherheitsniveau ( 5 bzw. 1 %), so wurde die Prüfhypothese verworfen.

Tabelle V

| Paare aus                                                        | Natrium | Kalium | Calcium | Wasser |
|------------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|
| Gruppe I                                                         |         |        |         |        |
| Bogen - Mitte                                                    | ++      | -      | -       | -      |
| Bogen - Ende                                                     | -       | ++     | -       | ++     |
| Mitte - Ende                                                     | -       | ++     | -       | ++     |
| Gruppe II                                                        |         |        |         |        |
| Bogen - Mitte                                                    | -       | ++     | ++      | -      |
| Bogen - Ende                                                     | ++      | ++     | ++      | ++     |
| Mitte - Ende                                                     | ++      | ++     | ++      | ++     |
| Gruppe III                                                       |         |        |         |        |
| Bogen - Mitte                                                    | -       | +      | ++      | -      |
| Bogen - Ende                                                     | ++      | ++     | -       | ++     |
| Mitte - Ende                                                     | ++      | ++     | -       | ++     |
| Gruppe IV                                                        |         |        |         |        |
| Bogen - Mitte                                                    | -       | +      | -       | -      |
| Bogen - Ende                                                     | ++      | ++     | -       | ++     |
| Mitte - Ende                                                     | ++      | ++     | -       | ++     |
| ++ ( $P < 0,01$ )    + ( $0,01 < P < 0,05$ )    - ( $P > 0,05$ ) |         |        |         |        |

In Tabelle V sind die Ergebnisse des Paarweisen Vergleiches zusammengestellt. Unter Hinzunahme der Tabellen I a bis IV a kann folgendes abgelesen werden:

Der Natriumgehalt der Aortenwand des Schweines ist an der Endaufzweigung am höchsten, der Gehalt zwischen Bogen und Mitte unterscheidet sich mit Ausnahme der Gruppe I nicht signifikant.

Der Kaliumgehalt steigt in allen Gruppen vom Aortenbogen zum -ende an, in der Gruppe I wird jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen dem Bogen und der Mitte gefunden.

Die Calciumverteilung weist in den Gruppen I und IV keine signifikanten Unterschiede auf. In der Gruppe II steigt der Gehalt an Calcium von vorn nach hinten an, in der III. Gruppe wird im Aortenbogen die geringste Calciumkonzentration gefunden, während zwischen der Gefäßmitte und dem -ende kein signifikanter Unterschied besteht.

Der Wassergehalt ist an der Endaufzweigung der Aorta

signifikant höher als im Bogen und in der Mitte.

Wie aus den Tabellen I a bis IV a hervorgeht, bestehen zwischen den gleichen Aortenabschnitten verschiedener Gruppen Unterschiede im Elektrolyt- und Wassergehalt. Mit Hilfe des Mann-Whitney-Testes - auch für seine Anwendung muß keine Normalverteilung der Meßgrößen vorausgesetzt werden - ist geprüft worden, ob diese Unterschiede statistisch gesichert werden können. Dazu wurde von der Prüfhypothese ausgegangen, daß sich der Elektrolyt- und Wassergehalt der Aortenwand in den untersuchten Gruppen nur zufällig unterscheidet. War unter dieser Annahme die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der errechneten Rangsumme kleiner als das vorgewählte Sicherheitsniveau ( 5 bzw. 1 % ), so wurde die Prüfhypothese abgelehnt.

Tabelle VI

| Stichproben     | Natrium | Kalium | Calcium | Wasser |
|-----------------|---------|--------|---------|--------|
| Gruppe I - II   |         |        |         |        |
| Bogen           | -       | +      | ++      | ++     |
| Mitte           | ++      | -      | ++      | ++     |
| Ende            | ++      | -      | ++      | ++     |
| Gruppe I - III  |         |        |         |        |
| Bogen           | ++      | -      | ++      | ++     |
| Mitte           | ++      | -      | ++      | ++     |
| Ende            | ++      | ++     | +       | -      |
| Gruppe I - IV   |         |        |         |        |
| Bogen           | ++      | -      | -       | ++     |
| Mitte           | ++      | -      | -       | ++     |
| Ende            | ++      | ++     | -       | -      |
| Gruppe II - III |         |        |         |        |
| Bogen           | ++      | ++     | ++      | ++     |
| Mitte           | ++      | ++     | ++      | ++     |
| Ende            | ++      | ++     | ++      | ++     |
| Gruppe II - IV  |         |        |         |        |
| Bogen           | ++      | ++     | ++      | ++     |
| Mitte           | ++      | ++     | ++      | ++     |
| Ende            | ++      | ++     | ++      | ++     |

Tabelle VI ( Fortsetzung )

| Stichproben     | Natrium | Kalium | Calcium | Wasser |
|-----------------|---------|--------|---------|--------|
| Gruppe III - IV |         |        |         |        |
| Bogen           | -       | -      | +       | -      |
| Mitte           | -       | -      | ++      | -      |
| Ende            | -       | -      | +       | -      |

++ (  $P < 0,01$  )    + (  $0,01 < P < 0,05$  )    - (  $P > 0,05$  )

Die Ergebnisse des Mann-Whitney-Testes sind in der Tabelle VI zusammengestellt. Mit ihrer Hilfe kann in den Tabellen I a bis IV a folgendes abgelesen werden:

Der Natriumgehalt der Aortenwand ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 % bei den älteren Schweinen höher als bei den jüngeren.

Die Kaliumkonzentration liegt bei den alten Tieren ( Gruppen III und IV ) am Aortenende hoch signifikant über der der jungen. Zwischen den Gruppen I, III und IV konnten keine weiteren Unterschiede statistisch gesichert werden, während in der Gruppe II auch der Kaliumgehalt des Aortenbogens und der -mitte hoch signifikant unter dem der Gruppen III und IV liegt.

Der Calciumgehalt sinkt von Gruppe I zur Gruppe II ab (  $P < 0,01$  ) und steigt dann bei den alten Tieren wieder an (  $P < 0,01$  ).

Der prozentuale Wasseranteil ist in den Aorten der Gruppe II am niedrigsten (  $P < 0,01$  ), in denen der Gruppe I am höchsten. Bei den älteren Tieren ist der Wassergehalt gegenüber dem der Gruppe II angestiegen (  $P < 0,01$  ), bleibt jedoch mit Ausnahme des Aortenendes unter dem der Gruppe I (  $P < 0,01$  ), an der Endaufzweigung kann ein Unterschied zwischen den Gruppen I, III und IV statistisch nicht gesichert werden.

## DISKUSSION

Der Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt der Aortenwand des Schweines wurde in vier Gruppen unterschiedlichen Alters bestimmt. Dabei ist geprüft worden, inwieweit altersabhängige Konzentrationsänderungen auftreten und ob diese die gesamte Aorta betreffen. Da genaue Altersangaben nur für die jungen Tiere verfügbar waren, mußte bei den alten eine Zahnaltersbestimmung erfolgen. Sie ist nach HABERMEHL ( 27 ) bis zum Abschluß der Zahnung ( mit etwa 1 1/2 Jahren ) gut durchführbar, wird bei älteren Tieren jedoch zunehmend unsicher. Aus diesem Grunde wurde beim Aufstellen der Gruppen III und IV nur ein Mindestalter von 2 Jahren gefordert und keine obere Altersbegrenzung vorgenommen, es kann aber wohl angenommen werden, daß aus wirtschaftlichen Gründen kaum ein Tier über 4 Jahre alt war.

Die zur Untersuchung vorbereiteten Gewebeproben wurden mit  $\text{HNO}_3$  und  $\text{HClO}_4$  feucht verascht. Dieses von KLAUS ( 42 ) und ZEPF ( 78 ) beschriebenen Verfahren erwies sich als besonders geeignet, weil es in den Röhrchen durchgeführt werden konnte, in denen die Proben schon aufbewahrt und getrocknet waren. Verunreinigungen oder Verluste der Analysensubstanz konnten dadurch leicht vermieden werden. Durch das Abrauchen der zum Aufschluß notwendigen Säuren konnten schwach salzsaure Untersuchungs-lösungen hergestellt werden. Nach HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ) und eigenen Untersuchungen beeinflusst Salzsäure in geringer Konzentration die Emission der Metalle in der Flamme nicht.

Zur Bestimmung des Elektrolytgehaltes in den Analysen-lösungen ist eine flammenphotometrische Methodik ausgearbeitet worden. Der einmalige Zeitaufwand für ihre Erarbeitung wurde durch die große Zahl der vorzunehmenden Analysen gerechtfertigt. Wie von HINSBERG, LANG ( 34 ) und HERRMANN, ALKEMADE ( 30 ) beschrieben zeigte sich, daß die Flammenphotometrie ein schnelles und zuverlässiges Bestimmungsverfahren ist.

Aus den gefundenen Ergebnissen geht hervor, daß der Elektrolyt- und Wassergehalt der Aortenwand des Schweines vom Alter des Tieres abhängt, daß darüber hinaus aber auch Unterschiede zwischen den Segmenten derselben Aorta bestehen. Ähnliche Befunde wurden schon von JONES et al. ( 40 ), PETERSON ( 61 ) und HORN ( 38 ) am Hund und von LASZT ( 50 ) und KÖPPEL et al. ( 44 ) am Rind erhoben, für das Schwein gab es noch keine derartigen Angaben in der Literatur.

Wie bei Hund und Rind steigt auch beim Schwein der Natriumgehalt der Aortenwand mit dem Alter an, wie beim Hund, nach JONES et al. ( 40 ) und PETERSON ( 61 ), ist die Natriumkonzentration an der Aortenendaufzweigung am größten, während sie mit Ausnahme der ganz jungen Tiere in Bogen und Mitte etwa gleich ist. Geschlechtsbedingte Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden.

Nach HEADINGS et al. ( 29 ) wird Natrium in der Aortenwand von Mensch und Tier an die Mucopolysaccharide angelagert. BUDDEKE ( 7, 8 ) beschreibt, daß der Mucopolysaccharidanteil der Aorta des Menschen im Alter zunimmt, besonders stark in arteriosklerotischen Prozessen, und nach HOFMANN ( 36 ) und KRIEG ( 47 ) sind die Gefäßwände des Menschen ähnlich aufgebaut wie die des Schweines. Der altersabhängige Natriumanstieg, wie er in dieser Untersuchung gefunden wurde, kann somit durch einen Umbau des Bindegewebes der Aortenwand erklärt werden. Der Elastingehalt im Aortenbogen des Schweines beträgt nach GRANT ( 24 ) 51 %, an der Endaufzweigung nur noch 9 %. Dieser verschiedenartige Aufbau der Gefäßwand im Verlauf der Aorta ist wahrscheinlich Ursache für die gefundenen Unterschiede im Natriumgehalt der Gefäßabschnitte.

Sicher wirken sich noch andere Faktoren auf die Natriumverteilung in der Aortenwand aus. So finden z. B. LASZT ( 50 ) und KÖPPEL et al. ( 44 ) beim Rind und HORN ( 38 ) bei alten Hunden die höchsten Natriumkonzentrationen im Aortenbogen. Wenn man nicht annehmen will - und dafür gibt es in der Literatur keine Hinweise - daß die

Aorta des Rindes außer einem etwas geringeren Elastin-gehalt ( nach NEUMANN und LOGAN ( 59 ), BUDDEKE ( 7 ), JONES et al. ( 40 ) und GRANT ( 24 )) wesentlich anders aufgebaut ist als die des Schweines, kann nicht nur der Mucopolysaccharidanteil in der Aortenwand für den Natriumgehalt ausschlaggebend sein. Auch ist die Ursache für die beim Bluthochdruck beschriebene ( z. B. von TOBIAN und BINION ( 71 ), TOBIAN und REDLEAF ( 72 ), TOBIAN ( 73 ), TOBIAN et al. ( 74 ), DANIEL und DAWKINS ( 13 ), GROSS und SCHMIDT ( 25 ), LASZT ( 49 ), POSTINOV ( 63 ), DE LA RIVA et al. ( 66 ) und JONES et al. ( 40 )) Natriumvermehrung in der Aortenwand von Ratten, Kaninchen und Hunden sicher nicht oder nicht nur in einem Bindegewebsumbau zu suchen. Welche weiteren Faktoren sich hier auswirken, muß noch offen gelassen werden.

In der Aortenwand des Schweines steigt der Kaliumgehalt von cranial nach caudal an, gleiche Tendenz beschrieben LASZT ( 50 ) und KÖPPEL et al. ( 44 ) für das Rind, während PETERSON ( 61 ), JONES et al. ( 40 ) und HORN ( 38 ) beim Hund von cranial nach caudal absinkende Kaliumkonzentrationen fanden. Nach denselben Autoren soll im Alter der Kaliumgehalt in der gesamten Aorta des Hundes abnehmen, beim Rind nur im mittleren Segment. In dieser Untersuchung wurde ein Kaliumanstieg im mittleren und hinteren Aortenabschnitt der alten Schweine beobachtet.

Der unterschiedliche Kaliumgehalt der Aortenteilstücke läßt sich durch ihren verschiedenartigen histologischen Aufbau erklären: Die Aorta des Schweines wird nach FRENCH und JENNINGS ( 16 ) von cranial nach caudal zunehmend muskulös, nach JONES et al. ( 39, 40 ) aber ist zellreiches Gewebe besonders kaliumreich. Die Ursache der im Alter beobachteten Kaliumvermehrung in den abdominalen Aortenabschnitten des Schweines hängt möglicherweise mit dem arteriosklerotischen Geschehen eng zusammen. So beobachteten LUGINBÜHL und JONES ( 51 ) und

GETTY ( 20 ) an Schweineaorten, daß Muskelzellen aus der Media in die Intimaveränderungen einwandern und sich dort vermehren, und daß auf diese Weise große Plaqueformationen gebildet werden können. Ob die Zellzunahme der einzige Grund für den Kaliumanstieg ist, kann nicht entschieden werden.

Der Calciumgehalt sinkt zunächst ab, steigt dann aber mit dem Alter wieder an. Auch MEYER et al. ( 53 ) beschrieben einen anfänglichen Calciumabfall in der Aortenwand des Menschen, während GIERTSEN ( 22 ) keine Veränderungen in den ersten 14 Lebensjahren findet. Andere Autoren ( siehe Literaturübersicht ) berichten über einen altersabhängigen Calciumanstieg in der Aorta von Mensch, Rind, Pferd und Hund, jedoch wurden selten ganz junge Individuen mit untersucht. Während KÖPPEL et al. ( 44 ) beim Rind den höchsten Calciumgehalt im Mittelteil der Aorta fanden, ergaben sich nach HORN ( 38 ) beim Hund nur zufällige Unterschiede zwischen den Segmenten. Beim Schwein wurde in dieser Untersuchung nur bei den etwa 200 Tage alten Tieren eine von cranial nach caudal ansteigende Calciumkonzentration gefunden.

Der mit dem Alter ansteigende Calciumgehalt in der Aortenwand des Menschen läßt sich nach BUDDEKE ( 7, 8 ) und KÖHLER ( 43 ) durch die Zunahme der Chondroitinsulfate A und B im Bindegewebe erklären, an die sich Calcium anlagert. Aus welchem Grund die Calciumkonzentration zunächst abfällt, ist noch nicht geklärt ( MEYER et al. ( 53 ) ). WILGRAM und INGLE ( 77 ) wiesen nach, daß bei zur Zucht verwendeten weiblichen Ratten die Aortenmedia stärker verkalkt als bei gleichaltrigen männlichen Tieren. KÖPPEL et al. ( 44 ) halten gleiche Geschlechtsunterschiede auch beim Rind für denkbar, weil der Calciumstoffwechsel der Kühe durch Trächtigkeit und Laktation erheblich stärker beansprucht wird als der der männlichen Tiere. Ob Trächtigkeit und Laktation auch die Gründe für die hier gefundenen höheren Calciumkonzentrationen bei den Sauen sind, kann nicht ganz sicher gesagt

werden, möglicherweise sind alle untersuchten Sauen älter als die Eber, obwohl das wenig wahrscheinlich ist.

Der Wassergehalt der Aortenwand ist bei den jüngsten Tieren am höchsten, er sinkt dann mit zunehmendem Alter zunächst ab und steigt wieder an. In allen untersuchten Altersklassen wurde der höchste Wassergehalt in der Aortenendaufzweigung gefunden, während er im Bogen und Mittelteil der Aorta gleich war. HEVELKE ( 32, 33 ), der eine altersabhängige Wasserzunahme in der Aortenwand des Menschen findet, glaubt, daß der Wasseranstieg durch die Vermehrung wasserreicher Bindegewebssubstanzen zu erklären ist.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Aortenwand 60 klinisch gesunder Schlachtschweine wurden die Natrium-, Kalium- und Calciumkonzentration flammenphotometrisch und der Wassergehalt durch Wiegen vor und nach der Trocknung bestimmt. Von den 60 Schweinen waren 10 Tiere 6 - 12 Wochen, 20 weibliche Mastschweine etwa 200 Tage, 20 Sauen und 10 Eber mindestens 2 Jahre alt. Der Elektrolyt- und Wassergehalt einer jeden Aorta wurden im Bogen, in der Mitte und in der Endaufzweigung ermittelt.

Der Natriumgehalt ist bei den Mastschweinen, Sauen und Ebern in der Aortenendaufzweigung um 20 % höher als im Bogen und Mittelteil des Gefäßes. Bei den Ferkeln liegt die Natriumkonzentration im Mittelteil um 10 % unter der des Aortenbogens und der Endaufzweigung. Diese Unterschiede sind signifikant.

Mit zunehmendem Alter steigt der Natriumgehalt in der Aortenwand des Schweines signifikant an. So werden z. B. bei den Ferkeln in der Aortenendaufzweigung 224,17, bei den Mastschweinen 262,25 und bei den Sauen und Ebern etwa 320 mval Na/kg Trockensubstanz gefunden. Auch in den anderen Segmenten wird ein altersabhängiger Anstieg des Natriumgehaltes beobachtet.

Der Kaliumgehalt der Aortenwand steigt in allen Gruppen signifikant von cranial nach caudal an. So liegt die Kaliumkonzentration in der Aortenmitte etwa 10 % über der des Aortenbogens, während der Kaliumgehalt der Endaufzweigung bei den jüngeren Tieren etwa 40, bei den älteren etwa 50 % über dem der Aortenmitte liegt.

Nur im Endstück der Aorta ließ sich ein Alterseinfluß auf die Kaliumkonzentration statistisch absichern. Der Kaliumgehalt steigt hier von 185,45 mval K/kg Trockensubstanz bei den Ferkeln über 201,71 mval bei den Mastschweinen auf etwa 220 mval bei den Sauen und Ebern.

Der Calciumgehalt steigt nur in den Aorten der Mastschweine signifikant von cranial nach caudal an, während

in den anderen Gruppen nur zufällige Unterschiede zwischen den Segmenten gefunden wurden.

Mit zunehmendem Alter wird die Calciumkonzentration in der Aortenwand von Schweinen zunächst vermindert, steigt dann aber bei den untersuchten Sauen schneller an als bei den Ebern. So werden bei den Ferkeln z. B. in der Aortenendaufzweigung 28,97 mval Ca/kg Trockengewicht gefunden, bei den Mastschweinen 21,12 mval, bei den Ebern 30,04 mval und bei den Sauen 41,85 mval. Diese Unterschiede sind signifikant.

Der Wassergehalt ist in allen Gruppen an der Aortenendaufzweigung am höchsten, bei den Ferkeln 2 % höher als im Bogen und in der Mitte, bei den Mastschweinen, Sauen und Ebern 5 %.

Der Wassergehalt sinkt zunächst mit zunehmendem Alter ab, steigt dann aber wieder an. So werden in der Aortenendaufzweigung der Ferkel 75,53 %, der Mastschweine 73,21 %, der Sauen 75,90 % und der Eber 75,24 % Wasser gefunden. Alle beschriebenen Unterschiede im Wassergehalt sind signifikant.

SUMMARY

The sodium, potassium, calcium and water content of the aortic wall in hogs

The sodium, potassium and calcium content of the aortic wall in 60 clinically healthy hogs was determined by flame-photometry, and the water content by weighing before and after drying. Among the 60 test animals 10 were 6 - 12 weeks old, 20 young females of approximately 200 days, 20 adult females of at least 2 years and 10 adult males of this age. The electrolyte and water content of each aorta was measured in the arch, the middle section and the bifurcation.

Among the young females and the adult hogs the sodium content of the bifurcation was approximately 20 % higher than of the middle section or the arch. Among piglets the sodium content in the middle section was about 10 % below that of the arch and bifurcation. These differences are significant.

With increasing age the sodium content in the aortic wall of hogs climbs significantly. For example among piglets 224,17 mval/kg dryweight in the bifurcation was found, among the young females 262,25mval, among the adult around 320 mval. In the other segments as well an age influenced increase of the sodium content was observed.

The potassium content of the aortic wall in all groups increases significantly from the cranial to the caudal section. It is about 10 % higher in the middle section than in the arch, and in the bifurcation about 40 % higher among the piglets and the young females, 50 % in the adult, than in the middle section.

Only in the bifurcation of the aorta can one determine an influence of the age on the potassium concentration. The potassium content in this section increases from 185,45 mval K/kg dryweight among piglets to 201,71 among young females to around 220 mval among the adult.

The calcium concentration between the cranial and caudal sections increases significantly only in the aorta of the young females, only random differences in this content among the sections were found in the other groups.

With increasing age the calcium content of the aorta at first decreases, but then increases, among adult females more rapidly than among adult males. For instance in the bifurcation among piglets 28,97 mval Ca/kg dry-weight was found, 21,12 among the young females, 30,04 among adult males and 41,85 among adult females. These differences are significant.

In all groups the water content is highest in the bifurcation: among piglets 2 % higher than in the arch or in the middle section, among young and adult hogs 5 %.

At first the water content decreases with age, but then increases. In the bifurcation in piglets 75,53 % water was found, in the young females 73,21 %, in the adult females 75,90 % and in the adult males 75,24 %. All these differences in water content are significant.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ADAMS, C. W. M.: Arteriosclerosis in man, other mammals and birds. Biol. Rev. 39, 372 - 423 ( 1964 )
2. ANDERSON, M., A. R. P. WALKER, W. LUCK and I. HIGGINSON: Chemical and pathological studies on aortic atherosclerosis. Arch. Path. 68, 380 - 391 ( 1959 )
3. BENEKE, F. W.: Über die Weite der Aorta thoracica und abdominalis in den verschiedenen Lebensaltern. Kassel 1879 ( Schriften der Ges. z. Beförderung der ges. Naturwiss., Marburg. Bd. 11, Suppl. 4 )
4. BENEKE, F. W.: Über das Volumen des Herzens und die Weite der A. pulmonalis und Aorta ascendens in den verschiedenen Lebensaltern. Kassel 1879 ( Schriften der Ges. z. Beförderung der ges. Naturwiss., Marburg. Bd. 11, Suppl. 2 )
5. BENEKE, F. W.: Über die Weite der Iliacae communes, Subclaviae und Carotides communes in den verschiedenen Lebensaltern. Kassel 1879 ( Schriften der Ges. z. Beförderung der ges. Naturwiss., Marburg. Bd. 11, Suppl. 3 )
6. BUCK, R. C.: Minerals of normal and atherosclerotic aortas. Arch. Path. 51, 319 - 328 ( 1951 )
7. BUDDEKE, E.: Darstellung und chemische Zusammensetzung von Mucopolysacchariden der Aorta des Menschen. Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 318, 33 - 55 ( 1960 )
8. BUDDEKE, E.: Angiochemische Alterswandlungen des Aortenbindegewebes. Verh. Dtsch. Ges. Kreisf.-forsch. 24, 143 - 154 ( 1958 )
9. BURCK, H. C.: Veraschungsschnellmethode zur flammenphotometrischen Bestimmung von Gewebenatrium und -kalium. Klin. Wschr. 39, 751 - 754 ( 1961 )
10. BÜRGER, M.: Die chemischen Altersveränderungen an Gefäßen. Z. Neurol. 167, 273 - 280 ( 1939 )

11. DAHME, E.: Blutgefäße, in: Joest, E.: Handbuch der spez. path. Anatomie der Haustiere. 3. Aufl., Bd. II, Verl. P. Parey, Berlin u. Hamburg.
12. DAHME, E.: Some aspects of atherosclerosis in domestic swine. Bull. Soc. roy. zool. Anvers. 34, 56 - 64 ( 1964 )
13. DANIEL, E. E., and O. DAWKINS: Aorta and smooth muscle electrolytes during early and late hypertension. Amer. J. Physiol. 190, 71 - 76 ( 1957 )
14. FLEAR, C. T. G., and I. FLORENCE: A rapid and micro method for the analysis of skeletal muscle for water, sodium, potassium, chloride, and fat. Clin. chim. acta 6, 129 ( 1961 )
15. FRENCH, J. E., M. A. JENNINGS and H. W. FLOREY: Morphological studies on atherosclerosis in swine. Ann. N. Y. Acad. Sc. 127, 780 - 799 ( 1965 )
16. FRENCH, J. E., and M. A. JENNINGS: The tunica intima of arteries of swine, in: Comparative atherosclerosis. Ed. by J. C. Roberts and R. Straus. Hoeber Med. Div., Harper and Row, New York, London, 1965
17. GARRAHAN, P., M. F. VILLAMIL and J. A. ZADUNAISKY: Sodium exchange and distribution in the arterial wall. Amer. J. Physiol. 209, 955 - 960 ( 1965 )
18. GAZERT: Über den Fett- und Kalkgehalt der Arterienwand bei Atheromatose und Arteriosklerose. Dtsch. Arch. klin. Med. 62, 390 - 402 ( 1899 )
19. GERRITZEN, P.: Beiträge zur physiologischen Chemie des Alterns der Gewebe; Untersuchungen an Rinderaorten. Z. exper. Med. 85, 700 - 711 ( 1932 )
20. GETTY, R.: The gross and microscopic occurrence and distribution of spontaneous atherosclerosis in the arteries of swine, in: Comparative atherosclerosis.. Ed. by J. C. Roberts and R. Straus. Hoeber Med. Div., Harper and Row, New York, London, 1965

21. GEYER, R. P., and E. J. BOWNIE: The direct microdetermination of tissue calcium by flame-photometry. *Analyt. Biochem.* 2, 360 - 369 ( 1961 )
22. GIERTSEN, J. Chr.: Atherosclerosis in an autopsy series. *Acta path. microbiol. Scand.* 61, 233 - 242 ( 1964 )
23. GOTTLIEB, H., and J. J. LALICH: The occurrence of arteriosclerosis in the aorta of swine. *Amer. J. Path.* 30, 851 - 855 ( 1954 )
24. GRANT, R. A.: Content and distribution of aortic collagen, elastin and carbohydrate in different species. *J. Atheroscler. Res.* 7, 463 - 472 ( 1967 )
25. GROSS, F., und H. SCHMIDT: Natrium- und Kaliumgehalt von Plasma und Geweben beim Cortexon-Hochdruck. *Arch. exper. Path. Pharmacol.* 233, 311 - 322 ( 1958 )
26. GRÜNBERG, W.: Arteriosklerose bei Wildtieren. *Klin. Wschr.* 43, 479 - 488 ( 1965 )
27. HABERMEHL, K. H.: Die Altersbestimmung bei Haustieren, Pelztieren und beim jagdbaren Wild. *Verl. P. Parey, Berlin u. Hamburg* 1961
28. HALPERN, B., P. MEYER, P. MILLIEZ and G. LAGRUE: Increase in sodium content in the arterial walls during experimental hypertension. *Nature* 201, 505 ( 1964 )
29. HEADINGS, V. E., P. A. RONDELL and D. F. BOHR: Bound sodium in artery wall. *Amer. J. Physiol.* 199, 783 - 787 ( 1960 )
30. HERRMANN, R., und C. Th. J. ALKEMADE: *Flammenphotometrie* Springer Verl., Berlin - Göttingen - Heidelberg 1960
31. HEVELKE, G.: Die chemischen Alterswandlungen der Arteria femoralis. *Z. Altersforsch.* 2, 130 - 144 ( 1955 )
32. HEVELKE, G.: Angiochemische Untersuchungen der Aorta zur Frage der Physiosklerose, Arteriosklerose und diabetischen Angiopathie. *Dtsch. Arch. klin. Med.* 203, 528 - 558 ( 1956 )

33. HEVELKE, G.: Die Angiochemie der Gefäße und ihre physiologischen Alterswandlungen. Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.-forsch. 24, 131 - 142 ( 1958 )
34. HINSBERG, K., und K. LANG: Medizinische Chemie. 3. Aufl. Urban u. Schwarzenberg, Berlin - München - Wien 1957
35. HOFMANN, R.: Studie über Orthologie und Pathologie der Wildschweinaorta im Rahmen der vergleichenden Arterioskleroseforschung. Vet.med. Diss. München 1967
36. HOFMANN, W.: Zur vergleichenden Pathologie der Arteriosklerose bei Mensch und Tier. Dtsch. tierärztl. Wschr. 78, 315 ( 1971 )
37. HOPPE-SEYLER, F., und H. THIERFELDER: Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. 10. Aufl. Bd. 3 Springer Verl., Berlin - Göttingen - Heidelberg 1955
38. HORN, J.: Der Calcium-, Natrium- und Kaliumgehalt der Aorta des Hundes. Vet.med. Diss. Berlin F U 1967
39. JONES, A. W., E. O. FEIGL and L. H. PETERSON: Water and electrolyte content of arteries in dogs. Fed. Proc. 20, 117 ( 1961 )
40. JONES, A. W., E.O. FEIGL and L. H. PETERSON: Water and electrolyte content of normal and hypertensive arteries in dogs. Circ. Res. 15, 386 - 392 ( 1964 )
41. KEUENHOF, W., und H. KOHL: Beiträge zur Physiologie des Alterns. Chemische und histologische Untersuchungen an Pferdeaoarten. Z. exper. Med. 99, 645 - 656 ( 1936 )
42. KLAUS, W.: Eine Mikromethode zur serienmäßigen Calciumbestimmung in kleinen Gewebeproben. Klin. Wschr. 40, 1123 - 1127 ( 1962 )
43. KÖHLER, U.: Arteriosklerose und Kalkstoffwechsel. Med. Klin. 59, 1137 - 1139 ( 1964 )
44. KÖPPEL, W., G. SCHÜTZLER und J. HORN: Der Natrium-, Kalium-, Calcium- und Wassergehalt der Aortenwand von Rind und Hund. Zbl. Vet. Med. A 18, 27 - 38 ( 1971 )

45. KOLETSKY, S., H. RESNICK and D. BEHRIN: Mesenteric artery electrolytes in experimental hypertension.  
Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 102, 12 - 14 ( 1959 )
46. KRAUSE, C.: Zur Frage der Arteriosklerose bei Rind, Pferd und Hund. Beitr. path. Anat. 70, 121 - 178 ( 1922 )
47. KRIEG, K.: Vorkommen und Morphologie der spontanen Arteriosklerose bei Haus- und Wildschwein. Zbl. Vet. Med. A 15, 386 - 400 ( 1968 )
48. LANSING, A. J., E. ROBERTS, G. B. RAMASARMA, T. B. ROSENTHAL and M. ALLEX: Changes with age in aminoacid composition of arterial elastin. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 76, 714 - 717 ( 1951 )
49. LASZT, L.: Correlation between the electrolyte and water content of the organs and hypertension after administration of corticosteroids. Nature 185, 695 ( 1960 )
50. LASZT, L.: Zur Biochemie der Arterienmuskulatur. Bibl. cardiol. 15, 3(1964 )
51. LUGINBÜHL, H., and J. E. T. JONES: The morphology and morphogenesis of atherosclerosis in aged swine. Ann. N. Y. Acad. Sc. 127, 763 - 779 ( 1965 )
52. LUGINBÜHL, H., and J. E. T. JONES: The morphology of spontaneous atherosclerotic lesions in aged swine, in: Comparative atherosclerosis. Ed. by J. C. Roberts and R. Straus. Hoeber Med. Div., Harper and Row, New York, London 1965
53. MEYER, B. J., A. C. MEYER, W. J. PEPLER, W. J. THERON: Chemical composition of the aorta, coronary and cerebral arteries of Europeans and Bantu. Amer. Heart. J. 71, 68 - 78 ( 1966 )
54. MEYER, W. W.: Lebenswandlungen der Struktur von Arterien und Venen. Verh. Dtsch. Ges. Kreisf.-forsch. 24, 15 - 40 ( 1958 )

55. MEYER, W. W.: Arterien calcinosen. Dtsch. med. Wschr. 96, 1093 - 1098 ( 1971 )
56. MÜLLER , G.: Zur Methodik flammenphotometrischer Analysen von Serum, Organ Geweben und Urin. Med. Diss. Göttingen 1952
57. MOUNIB, M. S., and J. V. EVANS: Comparison between three methods used for the preparation of tissues for determinations of potassium and sodium. Analyst 82, 522 - 523 ( 1957 )
58. NETHELER und HINZ GmbH: Handbuch Flammenphotometer " Eppendorf ". Hamburg-Wellingsbüttel 1962
59. NEUMANN, R., and M. A. LOGAN: The determination of collagen and elastin in tissues. J. Biol. Chem. 186, 549 - 556 ( 1950 )
60. OER, A. v., und H. J. HÖFERT: Zur Methodik der flammenphotometrischen Bestimmung von Na, K und Ca im Blutserum. Arch. exper. Path. Pharmak. 214, 109 - 120 ( 1951 )
61. PETERSON, L. H.: Properties and behaviour of living vascular wall. Physiol. Rev. 42, 309 - 324 ( 1962 )
62. PIETZKA, G., und C. CHUN: Flammenphotometrie I. Angew. Chem. 71, 276 ( 1959 )
63. POSTINOV, I. W.: Das Verhalten einiger Fermente und Elektrolyte der Gefäßwand bei der experimentellen Hypertonie der Ratte. Virchows Arch. path. Anat. 341, 236 - 244 ( 1966 )
64. PÜSCHNER, H.: Planimetrische, histologische und histochemische Untersuchungen an der Aorta und am Kranzarteriensystem des Schweines. Vet.med. Diss. München 1965
65. RICCA, M., und J. MANOCCHIO: Beitrag zur Identifikation der Lipide in der spontanen Aortenatherosklerose des Schweines. Arch. vet. ital. 13, 393 - 398 ( 1962 )

66. RIVA, I. J. de la, P. BALQUIER and N. BASSO: Water and electrolytes during experimental renal and DCA hypertension. *Amer. J. Physiol.* 219, 1559 - 1563 ( 1970 )
67. ROWSELL, H. C., J. F. MUSTARD and H. C. DOWNIE: Experimental atherosclerosis in swine. *Ann. N. Y. Acad. Sc.* 127, 743 - 762 ( 1965 )
68. SIEBERT, H., und S. RAPOPORT: Über emissionssteigernde Effekte in der Flammenphotometrie. *Zschr. anal. Chem.* 150, 81 - 86 ( 1956 )
69. SKOLD, B. H., R. GETTY and F. K. RAMSEY: Spontaneous atherosclerosis in the arterial system of aging swine. *Amer. J. Vet. Res.* 27, 257 - 273 ( 1966 )
70. SPRENGER, H. U.: Flammenphotometrische Untersuchungen über den Natrium-, Kalium- und Calciumserumspiegel des Rindes im Verlauf von 24 Stunden. *Vet.med. Diss.* Berlin F U 1963
71. TOBIAN, L., and J. T. BINION: Tissue cations and water in arterial hypertension. *Circulation* 5, 754 - 758 ( 1952 )
72. TOBIAN, L., and P. D. REDLEAF: Ionic composition of the aorta in renal and adrenal hypertension. *Amer. J. Physiol.* 192, 325 - 330 ( 1958 )
73. TOBIAN, L.: Interrelationship of electrolytes, juxtaglomerular cells and hypertension. *Physiol. Rev.* 40, 280 - 320 ( 1960 )
74. TOBIAN, L., J. JANECEK, A. TOMBOULIAN and D. FERREIRA: Sodium and potassium in the walls of arterioles in experimental renal hypertension. *J. Clin. Invest.* 40, 1922 - 1925 ( 1961 )
75. WAHL, P.: Angiochemie der Arteriosklerose. *Zschr. Altersforsch.* 16, 304 - 316 ( 1963 )
76. WEBER, E.: Grundriss der biologischen Statistik. 6. Aufl. G. Fischer Verl., Stuttgart 1967

77. WILGRAM, F., and D. J. INGLE: Spontaneous cardiovascular lesions in rats, in : Comparative atherosclerosis. Ed. by J. C. Roberts and R. Straus. Hoeber Med. Div., Harper and Row, New York, London 1965
78. ZEPF, S.: Eine serienmäßige Calcium-Bestimmung in kleinen Gewebeproben mit dem Spektralfluorometer. Zeiss Mitt. 4, 43 - 57 ( 1966 )

T A B E L L E N und

A B B I L D U N G E N

## Tabelle I b

Natriumgehalt der Aortenabschnitte in mval/ kg Trockensubstanz.

| Gruppe I  | Bogen  | Mitte  | Ende   |
|-----------|--------|--------|--------|
| Tier 1    | 252,20 | 195,86 | 200,44 |
| 2         | 204,84 | 199,01 | 204,75 |
| 3         | 214,20 | 197,77 | 233,51 |
| 4         | 230,24 | 208,83 | 215,48 |
| 5         | 224,60 | 203,34 | 286,46 |
| 6         | 241,54 | 204,46 | 178,59 |
| 7         | 325,61 | 319,08 | 365,63 |
| 8         | 179,40 | 162,76 | 179,29 |
| 9         | 137,91 | 108,07 | 154,60 |
| 10        | 242,86 | 215,42 | 222,95 |
| Gruppe II | Bogen  | Mitte  | Ende   |
| Tier 1    | 224,27 | 221,12 | 264,64 |
| 2         | 166,88 | 200,23 | 277,53 |
| 3         | 226,36 | 225,34 | 268,34 |
| 4         | 195,48 | 212,97 | 241,33 |
| 5         | 231,85 | 229,53 | 266,23 |
| 6         | 222,28 | 213,78 | 256,83 |
| 7         | 249,25 | 228,92 | 277,82 |
| 8         | 241,19 | 217,44 | 256,13 |
| 9         | 196,93 | 238,02 | 262,49 |
| 10        | 215,80 | 219,56 | 263,86 |
| 11        | 217,86 | 202,04 | 246,56 |
| 12        | 220,76 | 217,60 | 256,60 |
| 13        | 209,19 | 234,29 | 260,49 |
| 14        | 212,03 | 243,18 | 242,92 |
| 15        | 196,76 | 210,72 | 267,65 |
| 16        | 214,57 | 224,10 | 251,58 |
| 17        | 330,49 | 338,93 | 340,84 |
| 18        | 289,06 | 282,07 | 364,26 |
| 19        | 268,31 | 272,76 | 328,25 |
| 20        | 277,99 | 261,46 | 333,86 |

## Tabelle I b ( Fortsetzung )

Natriumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Trockensubstanz.

| Gruppe III | Bogen  | Mitte  | Ende   |
|------------|--------|--------|--------|
| Tier 1     | 223,47 | 255,82 | 354,02 |
| 2          | 218,53 | 245,52 | 280,38 |
| 3          | 269,15 | 256,57 | 315,85 |
| 4          | 275,06 | 275,59 | 336,48 |
| 5          | 247,11 | 263,45 | 292,36 |
| 6          | 295,84 | 274,43 | 332,30 |
| 7          | 242,39 | 292,33 | 326,22 |
| 8          | 253,92 | 239,83 | 280,28 |
| 9          | 266,81 | 235,65 | 345,02 |
| 10         | 253,92 | 277,34 | 323,49 |
| 11         | 266,65 | 265,13 | 333,84 |
| 12         | 230,24 | 234,99 | 295,50 |
| 13         | 288,49 | 297,35 | 320,66 |
| 14         | 227,90 | 246,20 | 331,26 |
| 15         | 270,49 | 252,54 | 320,83 |
| 16         | 283,93 | 264,84 | 353,81 |
| 17         | 330,49 | 338,93 | 340,84 |
| 18         | 289,06 | 282,07 | 364,26 |
| 19         | 268,31 | 272,76 | 328,25 |
| 20         | 277,99 | 262,10 | 333,86 |
| Gruppe IV  | Bogen  | Mitte  | Ende   |
| Tier 1     | 240,92 | 282,01 | 336,62 |
| 2          | 240,76 | 275,49 | 313,22 |
| 3          | 232,50 | 249,92 | 311,53 |
| 4          | 248,57 | 221,48 | 338,55 |
| 5          | 247,52 | 246,85 | 316,53 |
| 6          | 231,68 | 240,78 | 296,10 |
| 7          | 286,32 | 284,02 | 332,25 |
| 8          | 238,07 | 287,62 | 306,71 |
| 9          | 267,74 | 298,86 | 298,76 |
| 10         | 290,56 | 268,99 | 314,04 |

Tabelle II b

Kaliumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Trockensubstanz.

| Gruppe I  | Bogen  | Mitte  | Ende   |
|-----------|--------|--------|--------|
| Tier 1    | 110,40 | 113,75 | 125,35 |
| 2         | 130,03 | 146,06 | 216,03 |
| 3         | 112,31 | 95,76  | 194,59 |
| 4         | 136,56 | 121,14 | 180,59 |
| 5         | 126,22 | 103,30 | 202,05 |
| 6         | 119,30 | 143,17 | 208,39 |
| 7         | 154,65 | 152,61 | 191,98 |
| 8         | 181,88 | 156,29 | 163,80 |
| 9         | 137,45 | 144,16 | 174,97 |
| 10        | 156,32 | 153,06 | 196,72 |
| Gruppe II | Bogen  | Mitte  | Ende   |
| Tier 1    | 124,73 | 107,96 | 217,92 |
| 2         | 107,02 | 116,25 | 221,58 |
| 3         | 118,81 | 126,56 | 216,29 |
| 4         | 112,79 | 121,93 | 202,39 |
| 5         | 103,56 | 126,77 | 195,29 |
| 6         | 138,78 | 131,24 | 176,03 |
| 7         | 144,82 | 132,95 | 192,28 |
| 8         | 129,24 | 113,20 | 190,04 |
| 9         | 121,27 | 134,57 | 178,65 |
| 10        | 126,49 | 130,21 | 198,20 |
| 11        | 113,80 | 115,12 | 215,44 |
| 12        | 119,18 | 141,14 | 192,75 |
| 13        | 117,66 | 165,03 | 214,82 |
| 14        | 106,96 | 125,73 | 188,33 |
| 15        | 120,33 | 128,04 | 207,57 |
| 16        | 107,04 | 110,82 | 229,35 |
| 17        | 109,44 | 132,06 | 200,65 |
| 18        | 114,44 | 126,90 | 196,79 |
| 19        | 110,40 | 128,17 | 187,85 |
| 20        | 121,89 | 151,23 | 212,01 |

## Tabelle II b ( Fortsetzung )

Kaliumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Trockensubstanz.

| Gruppe III | Bogen  | Mitte  | Ende   |
|------------|--------|--------|--------|
| Tier 1     | 138,15 | 146,40 | 228,43 |
| 2          | 98,80  | 145,04 | 178,49 |
| 3          | 142,53 | 123,05 | 201,84 |
| 4          | 137,60 | 156,15 | 202,26 |
| 5          | 127,01 | 137,48 | 225,98 |
| 6          | 143,20 | 138,70 | 195,79 |
| 7          | 155,74 | 208,33 | 239,95 |
| 8          | 131,32 | 144,77 | 256,83 |
| 9          | 129,09 | 129,92 | 235,08 |
| 10         | 120,95 | 141,39 | 239,58 |
| 11         | 138,64 | 149,04 | 215,97 |
| 12         | 134,23 | 134,16 | 221,61 |
| 13         | 141,88 | 161,53 | 233,08 |
| 14         | 136,34 | 143,37 | 202,99 |
| 15         | 136,30 | 151,40 | 221,73 |
| 16         | 138,87 | 128,84 | 199,55 |
| 17         | 149,85 | 188,92 | 216,55 |
| 18         | 156,23 | 149,65 | 231,32 |
| 19         | 141,65 | 143,65 | 228,31 |
| 20         | 141,40 | 126,13 | 200,61 |
| Gruppe IV  | Bogen  | Mitte  | Ende   |
| Tier 1     | 123,36 | 165,18 | 208,16 |
| 2          | 150,62 | 170,27 | 203,14 |
| 3          | 116,56 | 134,40 | 227,03 |
| 4          | 129,09 | 119,68 | 211,33 |
| 5          | 126,90 | 129,40 | 211,34 |
| 6          | 137,69 | 152,01 | 218,40 |
| 7          | 144,92 | 155,02 | 264,84 |
| 8          | 137,69 | 199,97 | 247,69 |
| 9          | 142,61 | 149,83 | 253,00 |
| 10         | 166,83 | 150,95 | 210,80 |

## Tabelle III b

Calciumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Trockensubstanz.

| Gruppe I  | Bogen | Mitte | Ende  |
|-----------|-------|-------|-------|
| Tier 1    | 28,14 | 38,34 | 55,23 |
| 2         | 27,40 | 41,10 | 25,22 |
| 3         | 21,16 | 23,35 | 25,89 |
| 4         | 19,97 | 21,39 | 29,27 |
| 5         | 39,19 | 27,30 | 27,95 |
| 6         | 18,09 | 33,94 | 25,13 |
| 7         | 17,25 | 20,66 | 30,17 |
| 8         | 12,69 | 14,78 | 18,06 |
| 9         | 23,49 | 24,34 | 29,14 |
| 10        | 20,56 | 27,76 | 23,60 |
| Gruppe II | Bogen | Mitte | Ende  |
| Tier 1    | 17,39 | 17,78 | 22,03 |
| 2         | 18,94 | 20,94 | 25,27 |
| 3         | 16,26 | 18,34 | 20,17 |
| 4         | 17,95 | 18,17 | 19,44 |
| 5         | 16,13 | 17,56 | 20,59 |
| 6         | 18,17 | 18,34 | 21,67 |
| 7         | 17,02 | 16,80 | 17,96 |
| 8         | 17,83 | 16,83 | 19,88 |
| 9         | 17,96 | 17,98 | 20,38 |
| 10        | 17,94 | 21,68 | 26,45 |
| 11        | 17,58 | 17,17 | 20,96 |
| 12        | 17,10 | 19,16 | 20,63 |
| 13        | 17,68 | 18,83 | 19,78 |
| 14        | 17,18 | 18,99 | 20,12 |
| 15        | 17,72 | 19,89 | 23,86 |
| 16        | 15,98 | 17,23 | 20,27 |
| 17        | 17,37 | 16,78 | 18,94 |
| 18        | 16,96 | 18,76 | 22,14 |
| 19        | 16,11 | 20,59 | 21,33 |
| 20        | 17,22 | 18,38 | 20,43 |

## Tabelle III b ( Fortsetzung )

Calciumgehalt der Aortenabschnitte in mval/kg Trockensubstanz.

| Gruppe III | Bogen | Mitte | Ende   |
|------------|-------|-------|--------|
| Tier 1     | 37,97 | 37,26 | 29,13  |
| 2          | 20,52 | 32,89 | 29,03  |
| 3          | 31,68 | 52,05 | 71,71  |
| 4          | 24,57 | 35,36 | 43,32  |
| 5          | 24,30 | 28,97 | 25,61  |
| 6          | 38,94 | 40,99 | 29,76  |
| 7          | 25,74 | 34,68 | 36,80  |
| 8          | 40,91 | 36,92 | 30,76  |
| 9          | 21,10 | 22,87 | 26,33  |
| 10         | 47,53 | 56,68 | 37,87  |
| 11         | 29,61 | 25,27 | 28,22  |
| 12         | 26,49 | 28,75 | 22,08  |
| 13         | 37,28 | 34,63 | 54,10  |
| 14         | 42,19 | 38,71 | 33,02  |
| 15         | 26,29 | 32,75 | 27,94  |
| 16         | 49,94 | 63,24 | 32,66  |
| 17         | 49,38 | 61,78 | 160,01 |
| 18         | 48,41 | 53,88 | 35,65  |
| 19         | 36,41 | 41,44 | 30,76  |
| 20         | 39,69 | 57,65 | 52,23  |
| Gruppe IV  | Bogen | Mitte | Ende   |
| Tier 1     | 30,18 | 29,54 | 28,97  |
| 2          | 20,81 | 27,46 | 23,80  |
| 3          | 24,52 | 25,37 | 27,45  |
| 4          | 31,22 | 28,51 | 31,70  |
| 5          | 22,63 | 23,49 | 26,22  |
| 6          | 25,27 | 29,97 | 29,03  |
| 7          | 35,71 | 30,98 | 51,37  |
| 8          | 27,80 | 30,24 | 25,97  |
| 9          | 21,27 | 27,04 | 27,81  |
| 10         | 24,21 | 22,80 | 28,05  |

Tabelle IV b

Wassergehalt der Aortenabschnitte in %

| Gruppe I  | Bogen | Mitte | Ende |
|-----------|-------|-------|------|
| Tier 1    | 73,4  | 73,3  | 75,5 |
| 2         | 73,4  | 75,0  | 75,6 |
| 3         | 71,3  | 69,9  | 73,8 |
| 4         | 73,0  | 70,6  | 74,5 |
| 5         | 71,7  | 71,0  | 74,6 |
| 6         | 73,7  | 76,4  | 75,8 |
| 7         | 75,6  | 76,1  | 79,0 |
| 8         | 75,4  | 73,2  | 75,4 |
| 9         | 75,3  | 73,9  | 76,7 |
| 10        | 75,7  | 74,0  | 74,7 |
| Gruppe II | Bogen | Mitte | Ende |
| Tier 1    | 69,4  | 67,5  | 74,3 |
| 2         | 67,7  | 68,6  | 75,0 |
| 3         | 68,4  | 68,6  | 73,9 |
| 4         | 67,7  | 67,9  | 73,2 |
| 5         | 67,1  | 66,9  | 72,8 |
| 6         | 70,0  | 68,5  | 72,3 |
| 7         | 71,1  | 68,9  | 73,3 |
| 8         | 70,3  | 67,0  | 72,2 |
| 9         | 67,4  | 69,2  | 72,3 |
| 10        | 69,6  | 70,0  | 73,7 |
| 11        | 68,3  | 66,4  | 73,1 |
| 12        | 68,4  | 67,5  | 73,3 |
| 13        | 68,1  | 69,2  | 72,9 |
| 14        | 67,7  | 71,0  | 73,9 |
| 15        | 67,1  | 67,8  | 73,8 |
| 16        | 68,9  | 69,8  | 73,7 |
| 17        | 69,2  | 68,5  | 72,8 |
| 18        | 67,9  | 66,7  | 74,1 |
| 19        | 65,5  | 67,5  | 71,3 |
| 20        | 68,2  | 67,6  | 73,1 |

## Tabelle IV b ( Fortsetzung )

Wassergehalt der Aortenabschnitte in %

| <u>Gruppe III</u> | <u>Bogen</u> | <u>Mitte</u> | <u>Ende</u> |
|-------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tier 1            | 70,3         | 70,6         | 76,8        |
| 2                 | 69,2         | 70,2         | 73,8        |
| 3                 | 72,0         | 69,5         | 75,7        |
| 4                 | 70,8         | 70,9         | 75,3        |
| 5                 | 68,8         | 70,4         | 74,7        |
| 6                 | 71,5         | 69,3         | 75,2        |
| 7                 | 71,4         | 69,5         | 78,0        |
| 8                 | 71,3         | 69,6         | 76,8        |
| 9                 | 71,4         | 75,2         | 76,1        |
| 10                | 69,9         | 70,1         | 76,7        |
| 11                | 70,3         | 68,8         | 75,8        |
| 12                | 69,8         | 71,2         | 74,6        |
| 13                | 71,7         | 70,0         | 76,3        |
| 14                | 68,7         | 68,7         | 75,3        |
| 15                | 70,7         | 70,3         | 75,5        |
| 16                | 71,1         | 69,4         | 75,9        |
| 17                | 73,6         | 74,4         | 77,3        |
| 18                | 72,8         | 71,5         | 77,3        |
| 19                | 71,9         | 70,6         | 75,4        |
| 20                | 72,2         | 71,6         | 75,8        |
| <u>Gruppe IV</u>  | <u>Bogen</u> | <u>Mitte</u> | <u>Ende</u> |
| Tier 1            | 68,1         | 71,3         | 75,3        |
| 2                 | 70,8         | 72,6         | 74,2        |
| 3                 | 68,0         | 68,9         | 75,4        |
| 4                 | 70,2         | 68,8         | 75,4        |
| 5                 | 69,6         | 68,6         | 73,9        |
| 6                 | 69,6         | 70,2         | 75,2        |
| 7                 | 71,4         | 71,5         | 77,0        |
| 8                 | 69,5         | 73,0         | 75,9        |
| 9                 | 70,9         | 71,9         | 75,5        |
| 10                | 72,7         | 71,2         | 74,9        |

Tabelle VII

Einfluß von K, Ca und  $\text{PO}_4$  auf die Na-Emission (Angaben in Skalenteilen (Skt.)).

Jeder Meßwert ist ein Mittelwert aus sechs Messungen.

1. Einfluß von K und Ca (siehe auch Abb. 1)

| mval<br>Na/l | ohne<br>Zusatz | + 0,25<br>mval K/l | + 0,50<br>mval K/l | + 0,75<br>mval K/l | + 0,375<br>mval Ca/l |
|--------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| 0,0          | 0,0            | -                  | -                  | -                  | -                    |
| 0,2          | 18,0           | 18,6               | 18,9               | 19,1               | 18,1                 |
| 0,4          | 35,0           | 35,8               | 36,1               | 36,3               | 35,0                 |
| 0,6          | 51,9           | 52,0               | 52,3               | 52,5               | 51,7                 |
| 0,8          | 66,9           | 68,0               | 68,3               | 68,7               | 67,0                 |
| 1,0          | 82,0           | 82,9               | 83,4               | 83,7               | 81,9                 |
| 1,2          | 96,8           | 97,5               | 97,8               | 98,0               | 97,0                 |
| 1,4          | 111,0          | 112,0              | 112,3              | 112,5              | 111,1                |
| 1,6          | 124,9          | 125,7              | 126,0              | 126,3              | 124,7                |
| 1,8          | 138,0          | 138,8              | 139,0              | 139,3              | 138,0                |
| 2,0          | 150,0          | 150,6              | 150,9              | 151,3              | 149,9                |

2.  $\text{PO}_4$ -Einfluß

3. Gemeinsamer Einfluß von K, Ca und  $\text{PO}_4$

| mval<br>$\text{PO}_4$ /l | mval<br>Na/l | Skt. | mval<br>Na/l | mval<br>K/l | mval<br>Ca/l | mval<br>$\text{PO}_4$ /l | Skt.  |
|--------------------------|--------------|------|--------------|-------------|--------------|--------------------------|-------|
| 0,025                    | 1,0          | 82,0 | 0,0          | -           | -            | -                        | 0,0   |
| 0,125                    | 1,0          | 82,2 | 0,2          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 18,7  |
| 0,250                    | 1,0          | 82,0 | 0,4          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 36,1  |
| 0,75                     | 1,0          | 82,2 | 0,6          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 52,3  |
| 1,25                     | 1,0          | 82,2 | 0,8          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 68,2  |
| 1,75                     | 1,0          | 82,2 | 1,0          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 83,4  |
| 2,25                     | 1,0          | 82,5 | 1,2          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 97,7  |
| 2,75                     | 1,0          | 81,8 | 1,4          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 112,3 |
| 3,75                     | 1,0          | 82,0 | 1,6          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 125,9 |
| 5,00                     | 1,0          | 82,2 | 1,8          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 139,0 |
|                          |              |      | 2,0          | 0,5         | 0,1248       | 2,25                     | 151,0 |

Tabelle VIII

Einfluß von Na, Ca und  $\text{PO}_4$  auf die K-Emission (Angaben in Skalenteilen (Skt.))

Jeder Meßwert ist ein Mittelwert aus sechs Messungen.

1. Einfluß von Na und Ca (siehe auch Abb. 2)

| mval<br>K/l | ohne<br>Zusatz | + 0,60<br>mval Na/l | + 1,20<br>mval Na/l | + 2,00<br>mval Na/l | + 0,375<br>mval Ca/l |
|-------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 0,0         | 0,0            | -                   | -                   | -                   | -                    |
| 0,0750      | 10,0           | 11,4                | 11,8                | 12,3                | 10,1                 |
| 0,1500      | 23,1           | 24,2                | 24,9                | 25,7                | 23,0                 |
| 0,2250      | 37,9           | 38,8                | 39,5                | 40,0                | 37,7                 |
| 0,3000      | 53,2           | 53,9                | 54,5                | 55,2                | 53,3                 |
| 0,3750      | 68,3           | 68,8                | 69,4                | 70,3                | 68,2                 |
| 0,4500      | 84,4           | 84,9                | 85,4                | 85,7                | 84,6                 |
| 0,5250      | 100,5          | 100,6               | 101,1               | 101,3               | 100,3                |
| 0,6000      | 117,2          | 117,0               | 117,0               | 117,2               | 117,3                |
| 0,6750      | 133,4          | 133,2               | 133,3               | 133,1               | 133,2                |
| 0,7500      | 150,0          | 150,2               | 149,9               | 150,0               | 149,9                |

2.  $\text{PO}_4$ -Einfluß

| mval<br>$\text{PO}_4$ /l | mval<br>K/l | Skt. |
|--------------------------|-------------|------|
| 0,025                    | 0,375       | 68,3 |
| 0,125                    | 0,375       | 68,2 |
| 0,250                    | 0,375       | 68,3 |
| 0,750                    | 0,375       | 68,4 |
| 1,25                     | 0,375       | 68,2 |
| 1,75                     | 0,375       | 68,4 |
| 2,25                     | 0,375       | 68,1 |
| 2,75                     | 0,375       | 68,2 |
| 3,75                     | 0,375       | 68,3 |
| 5,00                     | 0,375       | 67,9 |

3. Gemeinsamer Einfluß von Na, Ca  
und  $\text{PO}_4$

| mval<br>K/l | mval<br>Na/l | mval<br>Ca/l | mval<br>$\text{PO}_4$ /l | Skt.  |
|-------------|--------------|--------------|--------------------------|-------|
| 0,0         | -            | -            | -                        | 0,0   |
| 0,075       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 11,8  |
| 0,150       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 24,6  |
| 0,225       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 39,3  |
| 0,300       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 54,3  |
| 0,375       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 69,2  |
| 0,450       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 85,2  |
| 0,525       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 100,8 |
| 0,600       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 117,0 |
| 0,675       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 133,1 |
| 0,750       | 1,0          | 0,0892       | 2,50                     | 149,9 |

Der Einfluß von 0,4; 0,8; 1,0; und 1,6 mval Na/l auf die K-Emission wurde ebenfalls geprüft.

Tabelle IX

Einfluß von Na, K und  $\text{PO}_4$  auf die Ca-Emission (Angaben in Skalenteilen (Skt.)).

Jeder Meßwert ist ein Mittelwert aus sechs Messungen.

1. Einfluß von Na und K (siehe auch Abb. 3 u. Abb. 4)

| mval<br>Ca/l | ohne<br>Zusatz | + 0,60<br>mval Na/l<br>+ 0,25<br>mval K/l | + 0,60<br>mval Na/l<br>+ 0,50<br>mval K/l | + 1,20<br>mval Na/l<br>+ 0,25<br>mval K/l | + 1,20<br>mval Na/l<br>+ 0,50<br>mval K/l |
|--------------|----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|              |                |                                           |                                           |                                           |                                           |
| 0,0          | 0,0            | -                                         | -                                         | -                                         | -                                         |
| 0,0178       | 9,0            | 16,3                                      | 17,3                                      | 18,7                                      | 20,0                                      |
| 0,0375       | 18,7           | 27,0                                      | 28,4                                      | 29,6                                      | 30,5                                      |
| 0,0535       | 28,3           | 37,1                                      | 38,3                                      | 40,2                                      | 40,6                                      |
| 0,0713       | 38,2           | 47,5                                      | 49,4                                      | 49,7                                      | 51,3                                      |
| 0,0892       | 48,2           | 57,7                                      | 59,5                                      | 60,5                                      | 62,0                                      |
| 0,1070       | 58,7           | 68,6                                      | 70,7                                      | 71,6                                      | 72,5                                      |
| 0,1248       | 68,5           | 79,2                                      | 80,2                                      | 82,6                                      | 82,8                                      |
| 0,1426       | 78,3           | 89,2                                      | 90,5                                      | 92,1                                      | 92,7                                      |
| 0,1605       | 89,2           | 99,7                                      | 100,2                                     | 101,9                                     | 102,7                                     |
| 0,1783       | 100,0          | 109,5                                     | 110,7                                     | 112,0                                     | 113,1                                     |

2.  $\text{PO}_4$ -Einfluß

3. Gemeinsamer Einfluß von Na, K  
und  $\text{PO}_4$

| mval<br>Ca/l | Ca : $\text{PO}_4$ | Skt. | mval<br>Ca/l | mval<br>Na/l | mval<br>K/l | mval<br>$\text{PO}_4$ /l | Skt.  |
|--------------|--------------------|------|--------------|--------------|-------------|--------------------------|-------|
| 0,0892       | 1 : 0,1            | 48,0 | 0,0178       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 18,6  |
| 0,0892       | 1 : 0,3            | 48,4 | 0,0375       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 29,8  |
| 0,0892       | 1 : 0,5            | 48,2 | 0,0535       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 40,0  |
| 0,0892       | 1 : 0,7            | 48,4 | 0,0713       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 49,8  |
| 0,0892       | 1 : 0,9            | 48,3 | 0,0892       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 60,5  |
| 0,0892       | 1 : 1,0            | 48,1 | 0,1070       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 71,4  |
| 0,0892       | 1 : 1,5            | 48,5 | 0,1248       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 82,5  |
| 0,0892       | 1 : 2,0            | 48,4 | 0,1426       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 92,4  |
| 0,0892       | 1 : 2,5            | 48,3 | 0,1605       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 101,7 |
| 0,0892       | 1 : 3,0            | 48,2 | 0,1783       | 1,2          | 0,25        | 2,25                     | 112,1 |

Tabelle X

Halbierungs- und Zumischverfahren ( Erklärungen im Text  
( S. 15 u. 16 ))

A : Bestimmung der Natrium-, Kalium- und Calciumkonzentration in der Mischlösung

B : Verdünnen der Mischlösung im Verhältnis 1 : 1 mit  
0,02 n HCl

C : Verdünnen der Mischlösung im Verhältnis 1 : 3 mit  
0,02 n HCl

D : Zumischen von Natrium-, Kalium- oder Calcium-Eichlösung im Verhältnis 1 : 1

E : Zumischen von Natrium-, Kalium- oder Calcium-Eichlösung im Verhältnis 1 : 2

### 1. Natriumbestimmung

|                         | A     | B     | C     | D     | E     |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Emission in Skt.        | 94,0  | 51,0  | 26,0  | 123,5 | 133,5 |
| gefundene Konzentration | 1,145 | 0,580 | 0,283 | 1,570 | 1,720 |
| erwartete Konzentration | -     | 0,573 | 0,287 | 1,573 | 1,716 |
| Differenz in %          | -     | + 1,2 | - 1,3 | - 0,2 | + 0,2 |

### 2. Kaliumbestimmung

|                         | A      | B      | C      | D      | E      |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Emission in Skt.        | 58,5   | 26,5   | 12,0   | 102,5  | 119,0  |
| gefundene Konzentration | 0,3206 | 0,1594 | 0,0806 | 0,5325 | 0,6075 |
| erwartete Konzentration | -      | 0,1603 | 0,0802 | 0,5353 | 0,6069 |
| Differenz in %          | -      | - 0,5  | + 0,5  | - 0,5  | + 0,1  |

### 3. Calciumbestimmung

|                         | A      | B      | C      | D      | E      |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Emission in Skt.        | 48,0   | 25,5   | 13,5   | 78,0   | 87,5   |
| gefundene Konzentration | 0,0675 | 0,0336 | 0,0166 | 0,1233 | 0,1397 |
| erwartete Konzentration | -      | 0,0337 | 0,0169 | 0,1229 | 0,1414 |
| Differenz in %          | -      | - 0,4  | - 1,35 | + 0,3  | - 1,2  |



Abb. 1

Na — Eichkurven

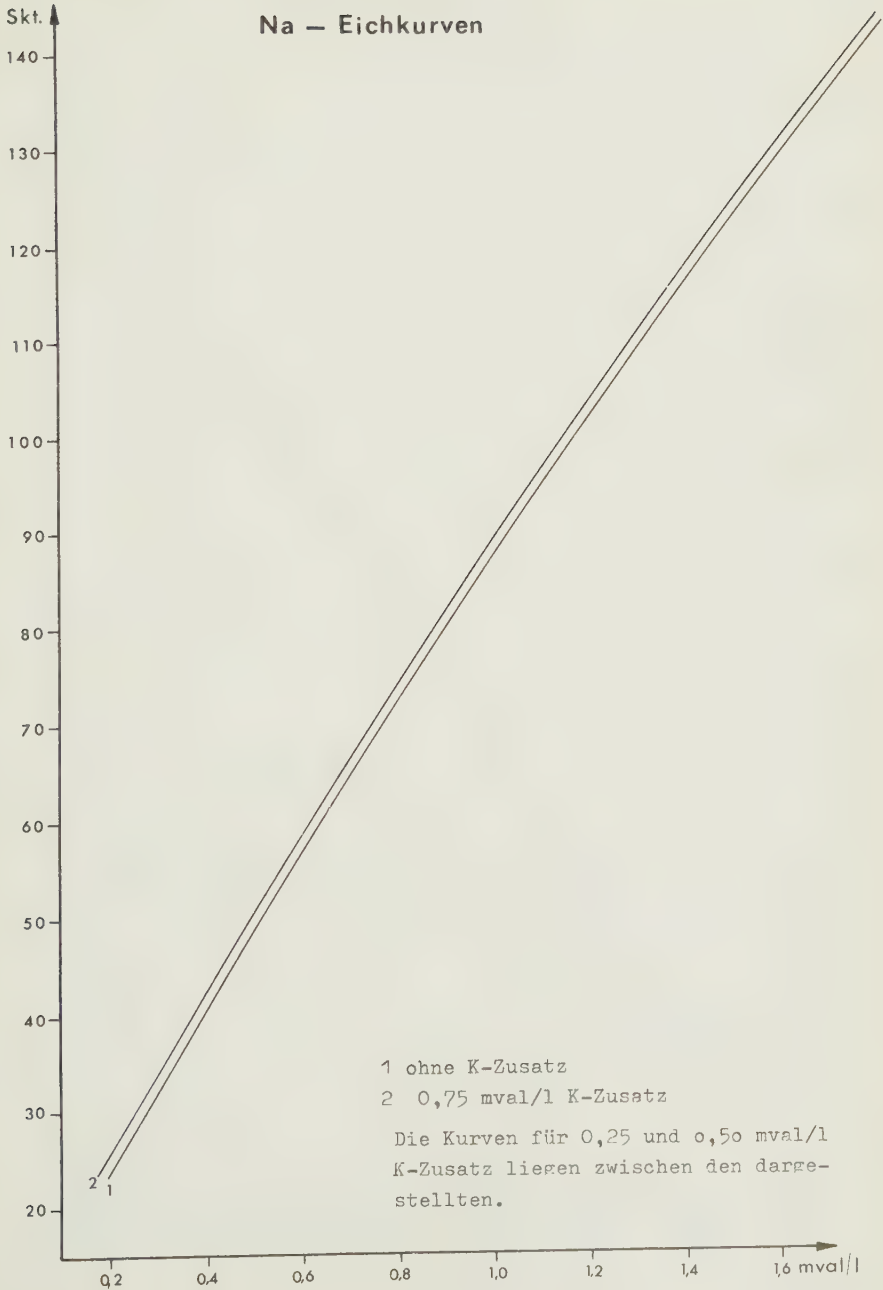


Abb. 2

K - Eichkurven

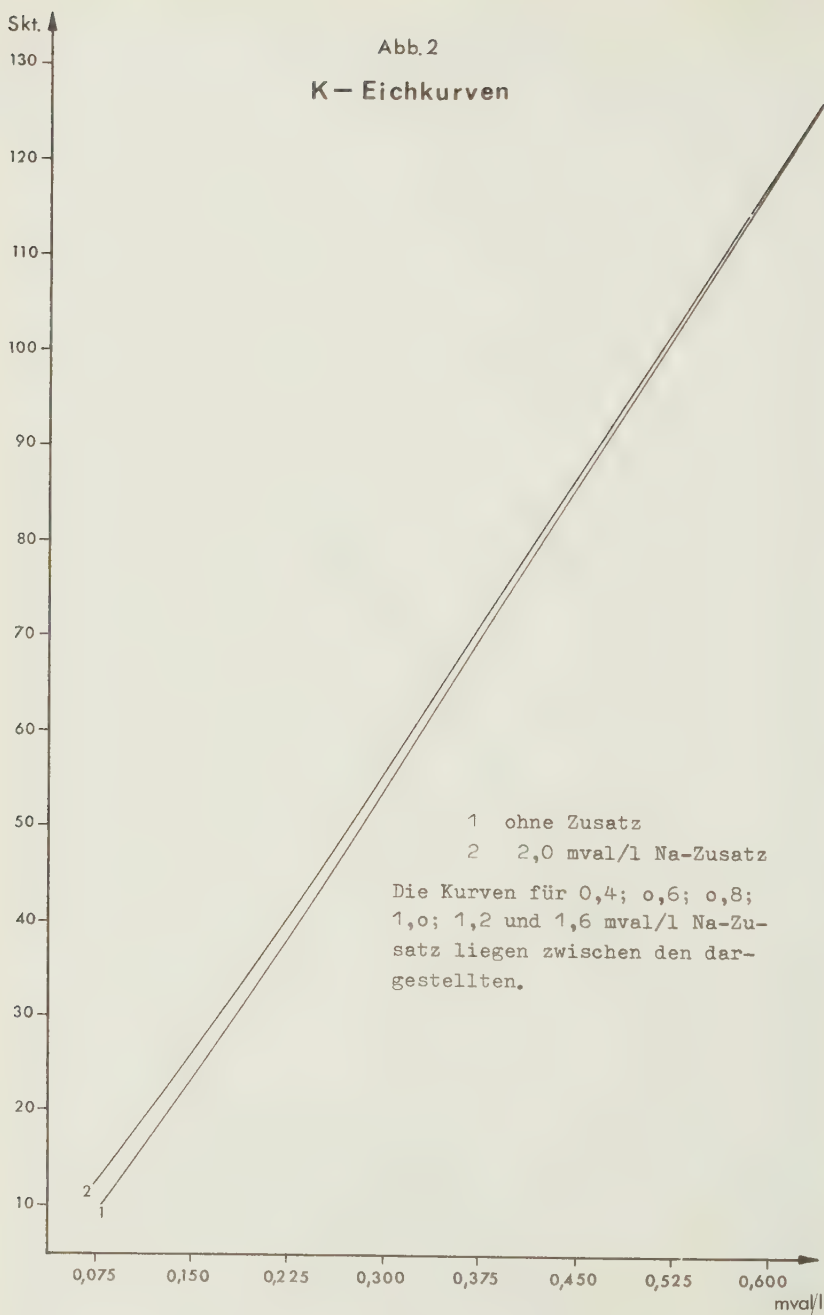


Abb.3

## Ca - Eichkurven

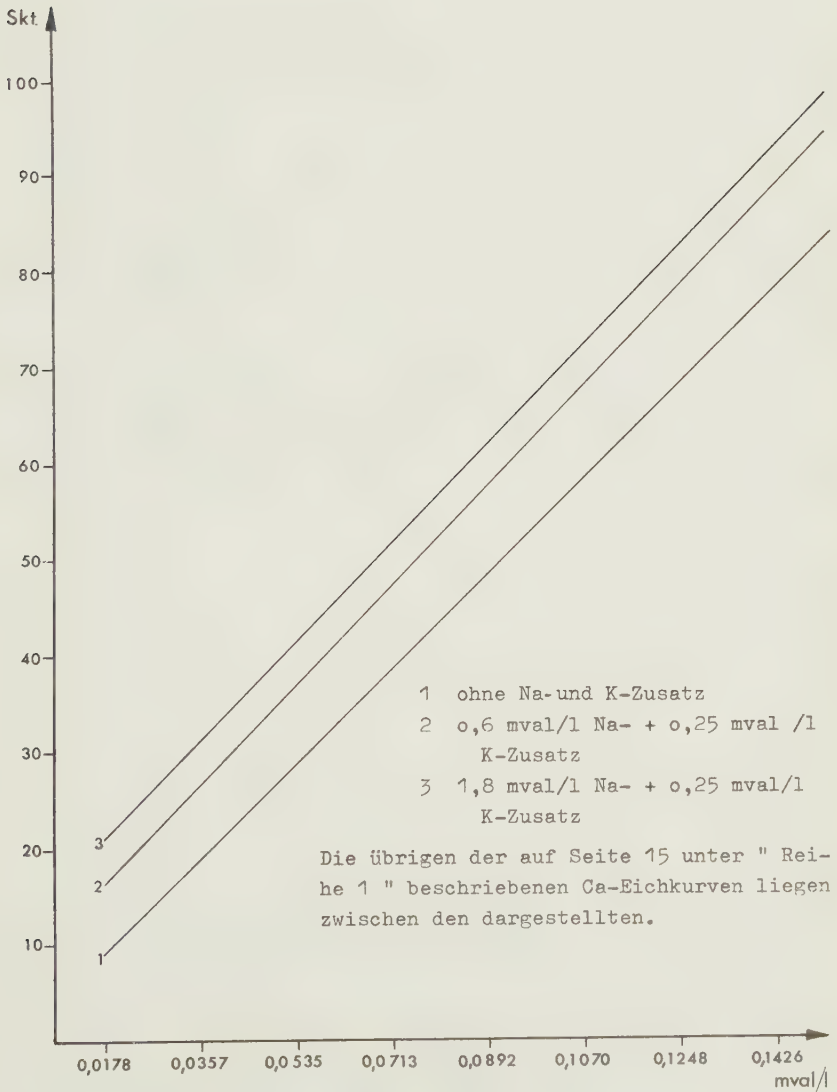
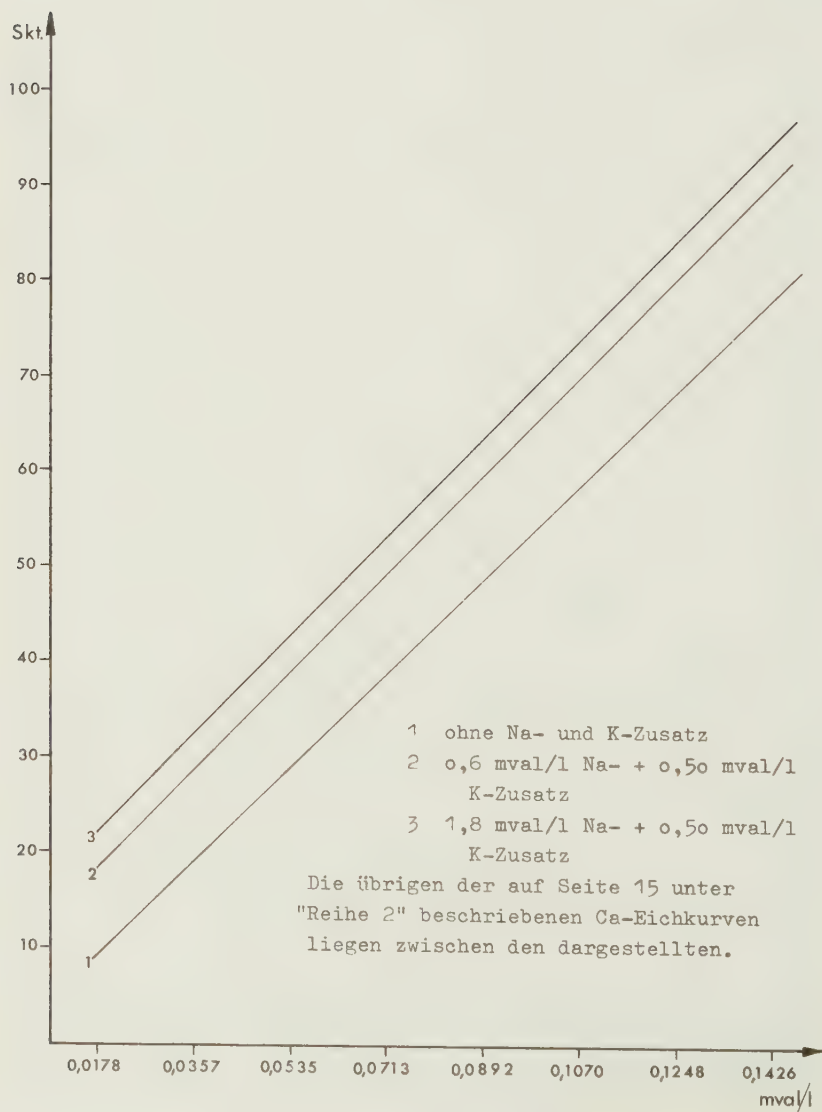


Abb.4

## Ca—Eichkurven



Herrn Prof. Dr. Dr. Dr. G. Schützler danke ich für die Überlassung des Themas, sowie für die zahlreichen Ratschläge bei der Anfertigung der Arbeit.

Mein Dank gilt auch allen anderen Mitarbeitern des Institutes.

Herrn Dr. H. Weiss und Herrn F.-J. Kretschmer danke ich für die Beratung in statistischen Fragen.

Den Kollegen des Spandauer Schlachthofes und Herrn Schlachtermeister W. Poppe danke ich für die Unterstützung bei der Beschaffung des Untersuchungsmaterials.



## LEBENS LAUF

Am 20. 9. 1942 wurde ich als Sohn des Landessozialgerichtsrates Dr. Eberhard Höppner und seiner Ehefrau Ilse, geb. Sommer, in Stolp in Pommern geboren.

Nach vorübergehendem Aufenthalt in Wintermoor, Kreis Soltau, wurde ich Ostern 1949 in die Volksschule in Lunden, Holstein, eingeschult, kam 1952 auf die Volksschule Wik I in Kiel und 1954 auf die dortige Hebbelschule ( Gymnasium ). Ab September 1955 besuchte ich die Staatliche Domschule zu Schleswig, wo ich 1963 die Reifeprüfung ablegte.

Von April 1963 bis März 1965 war ich beim Militär.

Von April 1965 bis Februar 1970 studierte ich Veterinärmedizin an der Tierärztlichen Hochschule in Hannover. Im Juni 1970 bestand ich dort mein Staatsexamen.

Die tierärztliche Approbation wurde mir mit Geltung vom 1. 7. 1970 erteilt.

Nach mehreren Praxisvertretungen bin ich seit dem 15. 12. 1970 als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Experimentelle Therapie und Funktionelle Pathologie der Freien Universität Berlin.





